写给普通人的科普获奖好书

天际线丛书系列

共8册

胸怀宇宙，博览万物，望远知新

译林出版社
YILIN PRESS

VISIT...

LANZAROTE Caliente.com

写给普通人的科普获奖好书

天际线丛书系列

—— 共8册 ——

胸怀宇宙，博览万物，望远知新

译林出版社

YILIN PRESS

版权信息

书　　名　天际线丛书系列（共8册）

作　　者　【美】蒂莫西·费里斯 等

译　　者　迟讷 等

责任编辑　杨雅婷 等

出版发行　译林出版社

关注我们的微博： @译林出版社

关注我们的微信：yilinpress

意见反馈：@你好小巴鱼

意见反馈微信：YiLinPress1989

总目录

CONTENTS

望向星空深处
云彩收集者手册
水的密码
疫苗竞赛：人类对抗疾病的代价
明亮的泥土：颜料发明史
杂草的故事：典藏版
鸟鸣时节：英国鸟类年记
鸟类的天赋

SEEING IN THE DARK

望向星空深处

[美国] 蒂莫西·费里斯 著
迟讷 译

译林出版社

版权信息

Seeing in the Dark by Timothy Ferris
Copyright © 2002 by Timothy Ferris
This edition arranged with William Morris Endeavor Entertainment, LLC.
through Andrew Nurnberg Associates International Limited
Simplified Chinese edition copyright © 2020 by Yilin Press, Ltd
All rights reserved.
著作权合同登记号　图字：10-2016-537 号

书　　名　望向星空深处

作　　者　【美】蒂莫西·费里斯

译　　者　迟讷

责任编辑　杨雅婷

出版发行　译林出版社

ISBN　　9787544781640

关注我们的微博：@译林出版社

关注我们的微信：yilinpress

意见反馈：@你好小巴鱼

目录
CONTENTS

序一
序二
前言
第一部分 海滩上
天文台日志：昏昧中的灵长类动物
第一章 开始
第二章 宇宙飞行
第三章 氧层
守卫：拜访“白先生”
第四章 业余爱好者
你能看到多少？拜访斯蒂芬·詹姆斯·奥马拉
第五章 专业工作者
绘出宇宙：拜访杰克·牛顿
第六章 石山
远视：拜访芭芭拉·威尔逊
第二部分 蓝色汪洋
星球摇滚：与布赖恩·梅的谈话
第八章 晨星与昏星
发现之父：拜访帕特里克·摩尔
第九章 月舞
望远镜与墓冢：拜访珀西瓦尔·洛厄尔
第十章 火星
黑暗尽头的光：拜访詹姆斯·特瑞尔
第十一章 天外来石
彗尾：拜访戴维·列维
第十二章 天上的害虫
相机的眼睛：拜访唐纳德·帕克
第十三章 木星
土星风暴：拜访斯图尔特·威尔伯
第十四章 外行星
天文台日志：午夜钟声
第三部分 深海
第十五章 夜空

数字宇宙：虚拟访问程控望远镜
第十六章 银河
蓝调乐谱：拜访约翰·亨利之魂
第十七章 星系
大科学：拜访埃德加·O.史密斯
第十八章 黑暗世纪
天文台日志：黎明的密涅瓦
附录
附录A 观测技巧
附录B 著名周期性流星雨
附录C 有代表性的亮星
附录D 梅西叶天体（按季节排列）
附录E 行星及其卫星
附录F 延伸阅读
附录G 星图
术语表
注释

序一

从上世纪80年代开始，我就常被问及："您认为20世纪最杰出的美国科普作家是哪几位？"

没有绝对的标准答案。我总是会提及（以出生年份为序）乔治·伽莫夫（1904—1968）、马丁·加德纳（1914—2010）、艾萨克·阿西莫夫（1920—1992）、卡尔·萨根（1934—1996）……

这几位大家出生的时间，依次相隔十来年（阿西莫夫略偏早些）。而今，他们都已去世多年。"那么，"有人问，"再往后，20世纪40年代出生的呢？"

"蒂莫西·费里斯，他生于1944年。"我说。

这本《望向星空深处》，就是费里斯的一部杰作，英文版于2002年问世。中文版虽说姗姗来迟，但空白既已填补，国人便有了重领经典风采的机会。

我本人第一次阅读费里斯的作品，至今已逾40年。那是英文版《地球的悄悄话》（*Murmurs of Earth*）中长长的一章"旅行者的音乐"（"Voyager's Music"），由费里斯撰写。《地球的悄悄话》出版于1978年，第一作者是卡尔·萨根，费里斯是另外五位合作者之一。这本书很精彩，我至今仍会不时翻阅。

在《望向星空深处》中，费里斯写道："20世纪70年代，我制作了一张唱片，它随两个'旅行者号'星际空间探测器升空。这是地球文化的一个样本……唱片中保存了27段音乐——从巴赫、贝多芬到爪哇佳美兰音乐，一首中国古琴曲片段，还有'盲人'威利·约翰逊的《暗如夜》……"

《地球的悄悄话》中"旅行者的音乐"这一章，讲述了选择这些音乐的原则和过程，并对这27段音乐、演奏所用的乐器乃至演奏者予以言简意赅的介绍。其中有一节"Chinese Ch'in"（中国古琴），所配乐曲是"Flowing Streams"（即《流水》）片段，富有诗意的简介如此启幕："《流水》令人想起中国宋代伟大的风景

画……”那时我还年轻，读后即对作者心生敬意——后来才知道，原来这位作者还比我小一岁呢。

《望向星空深处》的全书主旨，及其三条主线的交织，在作者本人的前言中交代得很清楚，此处毋庸赘述。它是一部“献给世界各地的观星者”的书，作者“希望它能鼓励读者将夜空的绚丽变成人生的一部分”。我觉得，这正好契合德国哲学家康德（1724—1804）在两个多世纪前写下的那段名言：世界上有两样事物能够深深地震撼人们的心灵，“一样是我们心中崇高的道德准则，另一样是我们头顶灿烂的星空”。

《望向星空深处》陆陆续续写了10年，全书充满引人入胜的故事：历史上的和今天的，作者本人的和其他观星者的，家乡的和世界各地的，总之全是观星的或同观星有关的真实故事。这些故事激情洋溢，人文与天文并驾齐驱。它们娓娓道来，使人“阅读这种作品甚至不觉得是在阅读，理念和事件似乎只是从作者的心头流淌到读者的心田，中间全无遮拦”（《人生舞台——阿西莫夫自传》论写作风格），令人不由自主地与它们结伴同行。

费里斯所说的“观星者”（Stargazers），指的是忘情于用望远镜观星的爱好者——人们常称其为业余天文学家，也就是乔治·埃勒里·海尔（1868—1938）所说的那种“情不自禁的工作者”。多少年来，这些观星者以惊人的毅力为天文学做出了重要贡献，只可惜充分展现这一方面的读物却不多。由此特别值得一提的是，在《望向星空深处》中，费里斯记述了他亲自拜访那些最受世人尊敬的观星者的情景，那是一些真正的传奇人物。

例如，费里斯尊为“天文科普元老”的帕特里克·摩尔（1923—2012）。我本人于1988年参加在美国巴尔的摩市举行的国际天文学联合会第20届大会期间，目睹了这位65岁的老者行走如风——步速就像他在BBC（英国广播公司）电视节目《仰望夜空》中的语速一样快；我也早就听闻当摩尔走进英国皇家天文学会会场时全体天文学家起立鼓掌致敬的情景。可是，直到读了费里斯的访问记我才知道，摩尔确实从未上过学校，他心脏不太好，从6岁到16岁都没法上学。但他11岁时就加入了英国天文协会，13岁时在该协会期刊上发表了第一篇论文。第二次世界大战中，他虚报年龄，篡改体检表，加入了空军，在轰炸任务中做导航员，必要时还能自己飞行。第二年，他18岁时真相大白，但面对他的那位军官还是夸他：“你17岁的时候就已经是皇家空军的服役军官。”

在2000年的那次访问中，摩尔对费里斯说：“天文学是业余爱好者也有用武之地的少数学科之一，业余爱好者为天文学带来的最大帮助是观测的持续性。如果火星上发生一场尘暴，或者是土星上出现一个新的白点，那肯定是业余爱好者发现的。我自己就发现过这么一个白点——非常小的一个——那是在1961年。”

戴维·列维（1948— ）也很有意思。他是一位著名的彗星猎人，迄今已经发现了23颗彗星。其中使他变得家喻户晓的，乃是1994年7月与木星相撞的舒梅克—列维9号彗星。列维幼年时患有严重的哮喘病，14岁时被送进一家专治哮喘的医院。医生注意到他夜间经常溜出去，就问他：“你为什么夜里不睡觉？”列维回答：“我不是不睡觉，而是出去用我的望远镜观测海王星。”医生思索后，又说：“作为医生，我要求你继续观测海王星。别让哮喘挡住你想做的事。”

列维没有上过天文学课程，却写了许多天文科普书。我是他的《推销银河系的人——博克传》一书中文版的责任编辑。他在中文版序里提到，“卞毓麟是博克在北京讲学时的翻译，并在博克参观这座古老而伟大的城市时充当导游”“当我从卞毓麟那儿知道……优美的中文版《推销银河系的人》被奉献给中国的广大读者时，我感到非常高兴”。

费里斯这部《望向星空深处》的中译者迟讷，是个笔名。她是一位优秀的年轻天文爱好者，我为写好中文版序，请她提供了个人简介。她的真名是瞿秋石，我读过她署真名的《静听宇宙的声音——走进中国天文台》一书。她不辞辛劳访遍中国的天文台站，令我深深感动。她是复旦大学语言学专业的硕士，我相信这对流畅地翻译《望向星空深处》大有裨益。她自称：“受经史训练，注定被‘格物致知’的精神感召，曳裾奔向自然科学的领域，虽身在职场而不敢忘，为了解头顶星空而读书、观测、旅行。”真是勤勉又潇洒，希望有朝一日，她能面晤本书的作者蒂莫西·费里斯。

30多年前，我曾在纽约阿西莫夫家中做客，也曾与卡尔·萨根通信谈科普，后来又多次为他们的作品写中文版序、导读或书评。我没有见过费里斯本人，但有机会为《望向星空深处》撰写中文版序，使我深感荣幸。预祝读者能充分享受本书带来的阅读和观星的双重喜悦，体验作者在前言中之所言：“凝视星空让人们彼此更亲近，因为它提醒我们，我们本质上是一颗小小星球上的旅伴。”

卞毓麟

2020年6月15日

序二

当你看到这段文字时，我猜，你就是一位对神秘的太空充满好奇心的人。很幸运，在卷帙浩繁的天文图书中，你可以阅读到这本书。它是一本写给全世界热爱天文并时常仰望星空的天文拥趸的启示录，一本独一无二的天文爱好者人生指南，一本讲述世界最知名的一众天文爱好者传奇经历的故事集。

我与本书的作者蒂莫西·费里斯教授于2001年通过美国著名天文杂志《天空与望远镜》结识，他发电子邮件给我，说看了我在杂志上的文字和邮件地址，对我的经历很有兴趣，他正在写一本有趣的书，想问我几个问题，渴望我用东方人的角度加以回答。记得，其中一个问题是我为什么会喜欢星空，我那晚几乎不假思索地写了一段文字给他，后来听说美国的史密森学会还引用了我的那段话。更有趣的是，有几个美国反种族歧视组织也一度在他们的网站上引述了这段文字。别急，你会在后面蒂莫西的前言中看到它。这也应该是我们大多数心系宇宙的天文发烧友的共同心声。

蒂莫西这部十年磨一剑的著作可谓目前全球范围内独具匠心的一部天文奇书，它并不是一册传统的天文科普书，也不是一本天文爱好者的实用手册，更不是一部科幻小说，而是一部讲述作者本人与多位知名的专业和业余天文学家的天文工作及人生经历的故事集，每一章节都以各国诗人吟诵的有关宇宙星辰的诗句作为引言。娓娓道来的故事将我们逐渐带入不同受访者的天文工作与活动现场，其间还穿插着美国的天文发展史，这些人和事属于不同的年代，故事中的天文人物有着不尽相同的人生经历和背景，但他们有一个共同的属性，那就是他们都是仰望星空的人，对世界充满好奇心。蒂莫西本人自童年时期就对自然界充满好奇，热爱音乐的他从听收音机开始，逐渐了解了地球大气电离层，后来又去倾听来自宇宙深处的天体发出的无线电波，他的思绪从生活的点滴中一跃而起，进入觊觎已久的太空深处。是的，仔细想想，我们生活的方方面面都与太空息息相关！知道吗？你打开收音机，在找寻节目期间听到的沙沙的杂音，就是宇宙发出的背景噪声呢！书中，无论是蒂莫西的个人感触与畅想，还是他与受访者的对话，都沉浸在散文一般的语境中，文笔优美，情感

真挚，时不时迸发出智慧的火花，给我们以醍醐灌顶般的人生启迪。天文学是最接近哲学的自然科学，而这本书中众多不平凡的人物都是拥有积极向上的人生观、价值观的典范，他们独特的人生境遇极有可能是你从来没有听过的，这些经历与我的极为相似，而这么多有意思的故事正躺在书中等着你去发现！

蒂莫西是我很敬佩的美国知名科学作家，我后来的人生经历受到他的不少影响。蒂莫西的书都是十年磨一剑，有时他还同时写两本书，而且每本都是畅销书。他是美国继卡尔·萨根后最著名的天文科普作家。我的天文爱好始于1986年，那年我只有9岁，哈雷彗星正好回归。1993年，我第一次在天文杂志上发表文章，那时我还在中学，后来我经常给《大连日报》的科普专版写天文科普文章，渐渐地走上了科普写作的道路。2001年后，我开始用英文在美国的天文刊物上介绍中国专业与业余天文的进展，正式成为一名科学作家。后来我的职业也和杂志有关，从科普杂志编辑记者，一直到汽车和旅游杂志副主编。

1995年，我有了第一台电脑。1996年，通过拨号上网，我成为中国最早的那批网民之一，我浏览的第一个天文网站就是《天空与望远镜》杂志网站。那时我已经认识了国内很多知名的天文爱好者，我们都是通过写信交流的，大连与祖国许多地方的信件往来需要十几天，如同行星际电磁波的传播——你发出信件，等待天文好友回复的时间总是显得那么漫长。于是，1999年，我创办了中国最早的天文论坛——牧夫天文论坛，之后成千上万的各地天文爱好者纷至沓来，随即，天涯如比邻。2014年，我又创办了国内知名的天文学术公众号——牧夫天文，这个平台聚集了国内一批有情怀的天文专家和天文爱好者，他们与我一道在新媒体上继续向读者推广天文科普知识。

20多年来，依靠牧夫天文论坛和牧夫天文，我结识了国内外众多天文爱好者，并与一些人结为好友，其中就有一位来自上海的天文爱好者，也就是本书的译者瞿秋石女士。她是一位才华横溢的译者和旅行家。她花了两年时间走遍了中国国内的天文台，写成了一部天文游记书《静听宇宙的声音——走进中国天文台》，该书图文并茂，内容生动有趣，值得一读。几年前春季的某一天，她在微信上突然和我说她读了一本书，书里提到了我的名字。她被这本书深深地打动了，想找出版社引进版权，把它翻译成中文，介绍给中国读者。她想知道怎么联系这本书的版权方，我说真的很巧，于是我联系了老朋友蒂莫西……

王尔德说，“我们都生活在阴沟里，却总有人仰望星空”。是

的，我们身边总有一批志向高远的觉悟者，他们不甘沉浸于灯红酒绿、歌舞升平，他们向往大自然。亲爱的读者，也许你就是他们中的一员。可惜，如今人们生活在大城市，有多少人亲眼看过银河？城市里的灯光遮蔽了我们仰望星空的眼睛，我们再也无法感受到星空的壮丽。于是，我们不得不远行，避开喧嚣的都市，来到完全没有光污染的地方。我每年都会到世界各地拍摄星空、追逐日全食、欣赏极光，这已经成为我的生活方式。三年前夏天的一个夜晚，我从凤凰城出发，自驾来到美国的天文之都——亚利桑那州的图森市，晚上入住了一家不大的汽车旅馆。在旅馆休息厅的书架上，我一眼就看到了蒂莫西的这本书，一旁的一位老者看我对这本书感兴趣，自豪地告诉我，他家里也有一本，他的孙子就是在看了这本书后申请了大学的天文系，决定投身天文事业的。我从他兴奋的眼神中看到的是一本好书的力量！这本书也许就是开启你星辰大海征程的风帆。让我们一起抬起头来，凝视夜空，因为我们真的都来自宇宙星尘。

解仁江

2020年2月21日于大连

献给世界各地的观星者

……和太阳、月亮、地球，和所有的星座

紧密相连，

你从遥远的星星带给我们什么信息？

——沃尔特·惠特曼

任何地方都是世界的中心。

——黑麋鹿[1]

前言

亮光被除去后——

我们渐渐适应了黑暗——

恰如邻居举着灯

见证她说再见——

……

不是黑暗改变——

就是视线中的某物

自行调整顺应午夜——

生命便几乎迈步直前。

——艾米莉·狄金森

凝视就是思考。

——萨尔瓦多·达利

本书关乎仰望星空——人类最古老也最高尚、最新也最具挑战性的行为之一。本书由三条主线编织——或者说是纠缠而成，我的功力还没到流畅的程度。

第一条主线是我自己半生的观星之旅，主要就是讲当古老的星光照入我眼、启迪我心的时候所发生的故事。这些境遇蕴藉深远，对我来说意义非凡，仅透过他人之眼来描述它们，显得有点不够。

第二条主线是讲述目前席卷业余天文领域的变革——宇宙那些一度仅能为专业天文学家所知，甚至无人能及的深处，如今成为受好奇

心驱使的观测者所能抵达的地方。这些爱好者中有许多人满足于欣赏宇宙奇景之美。还有些人则是近乎不计报酬地从事着科学研究工作，这不禁让人思考“爱好者”这个身份的本质。

最好的定义也许来自业余爱好者出身的专业天文学家乔治·埃勒里·海尔，他将业余爱好者定义为“情不自禁的工作者”。[2]

第三条主线则有关于地球之外——用我们人类在目前对宇宙的初期研究中能够做出的最好解释，来解释土星、指环星云、银币星系、北冕星系团到底是什么。学海无涯，但研究星辰和参加一场音乐会、观看一次棒球比赛或与老友交谈一样，能让你对关心和喜爱的事物多一份了解。

这本书无意成为一本天文爱好者指南，但我依旧希望它能鼓励读者将夜空的绚丽变成人生的一部分。宇宙对所有人敞开，天文爱好可以让人意识到存在的美、理性和伟大，其丰富程度有如那些从音乐、美术和诗歌中能找到的事物。阅读这本书无须对天文学有很多了解，读者遇到陌生的词汇时，可以查询书后的术语表。如果你想尝试观星，可以参考附录A“观测技巧”，在那里我提供了一些入门建议。

偶尔观测一些恒星或行星，所费的精力就如偶尔观鸟一样少，但认真的天文爱好者则为此投入可观的时间和精力——熬夜简直不值一提。问他们为什么要做这些，似乎是情理之中的事。我也经常问他们这个问题，而多数人的答案和我自己的一样，仅仅是因为某一刻我们仰望星空，一见钟情，从此一发而不可收，原因说不清道不明，就像很难解释自己为什么会与现在的配偶而不是与别人结婚。有些人会提及行星、恒星、星云、星系等诸多天体之美。有些人会援引宇宙的广阔和自己在其中的归属感。还有人认为凝视星空让人们彼此更亲近，因为它提醒我们，我们本质上是一颗小小星球上的旅伴。如中国一位天文爱好者——大连的解仁江在最近的来信中所说，“天文是使我们彼此联结的最意义深远的（方法）。尽管我们肤色有异，国籍不同，但这颗行星是我们共同的家园。在我眼中没有比这更崇高的事业了”。[3]

这本书主要是讲故事，并不是学术评论，很多值得尊敬的天文学家和望远镜制作者没被提到——并非他们本身有瑕疵，而是因为他们恰好不在我要讲的故事中。我为自己的疏忽道歉，并希望得到谅解。讲故事本身就如日照当空，照耀多少也就遮蔽多少。

此外还有许多观测者，和他们的合作对我的研究至关重要，他们的善意和热情是一种恩惠。我还要感谢我的太太和我的家人，以及威

廉·亚历山大、安德鲁·弗劳克诺伊、埃德温·C.克虏伯、欧文·拉斯特、萨拉·利平科特、艾丽斯·梅休、利夫·鲁滨逊、唐娜·阿普里尔·赤·西和特拉·韦克尔。

《望向星空深处》自1991年开始动笔，陆陆续续写到2001年，写作的地点分别在加利福尼亚州旧金山、意大利的佛罗伦萨和佩斯卡亚堡，以及加州索诺马山的石山天文台。部分原文发表于《纽约客》，体例有一定更改。

蒂莫西·费里斯

第一部分
海滩上

天文台日志：昏昧中的灵长类动物

晚秋日落时分，碧空如洗，我从家门口上山，两百步走到天文台。这两天暴风雨将天空中的尘霾荡涤干净，果园里只剩光秃秃的果树，它们的落叶好似小贩的商品，在脚下枯黄的泥坑里摊开。葡萄园贴近小道的部分已被浸透，落叶铺成熔金。土路尽头立着三座农舍，它们都以锈红色楔形板做墙，瓦楞钢板覆顶。一座是谷仓，一座是拖拉机棚，还有一座远在山坡高处，那是一个天文台，屋顶是合上的。

天文台内，我绕水泥圆立柱拾级而上。立柱2英尺[4]厚，支撑着上层的望远镜。它扎根于深深的地基，矗立在天文台中央，却并未与天文台其余部分接触，以隔绝震动。我走上楼，心满意足地看见望远镜正蹲踞在睡莲状承托上，在低矮的屋顶下安然无恙，经历了暴风雨却仍旧干燥。我打开一个巨大的红色安全闩，然后把全身重量压在最近的铝合金螺栓上。屋顶发出一声呜咽，开始在十二个钢轮上滚动，直到完全收起。突然间我就又站在室外，站在这万里无云的黛蓝色天空之下了。

我把望远镜指向天空，然后把手伸进望远镜钢架内，揭开凹面主镜的盖子，从镜面一晃而过的是我变形的脸——下颌巨大蠢笨，额头缩小——好像在强调我作为灵长类动物的自负是荒谬的——一个人猿居然想了解宇宙。主镜宽如托盘，厚如电话簿，被磨制成表面精度达到八分之一钠光波长[5]的抛物面，但现在它的温度和周围空气的温度不一致，所以多少有点变形。等待主镜冷却的时间里，我坐在桌前，打开一个小红光夜视灯（红光波长较长，能量较低，能最大限度地减少对暗适应的人眼的刺激），在一本横格本的天文台日志中记下：天气晴。西南风微风。湿度67%，还在下降。

我查阅自己最喜欢的一本老星图。泛黄的纸页上画着纤细的网格，星点和星云悬挂其上，像葡萄架上的葡萄串，旁边描着经年的观测记录：彗星过境的轨迹；铅笔点出的类星体位置，它的光芒穿越亿万年而来；还有数字标记的恒星和星云与地球之间的距离，这些我们为了解近邻而做的毕生努力，在三维尺度上不过是数千光年。不过这里最多的记录还是关于星系的，星图上每个星系都由一个空心的椭圆表示，里面居住着亿万颗星星。夜越来越深，属于它们的时间即将到来。

第一章

开始

碾米的农家子，

停下手中活，

仰头看月亮。

——松尾芭蕉

见一滴水，即见十方世界一切性水。

——黄檗

1954年，荒凉的佛罗里达海滩的黎明，第一束日光在凌乱的沙子上投出我父亲长长的影子和我短短的影子，像风筝曳尾。我们这么早出来是为了寻找夜间被冲上岸的东西。以往我们找到过闪光的海螺壳，它低响着海浪的声音，像被悄声吐露的秘密；找到过一只古老的深色酒瓶，它结实沉重，犹如石匠的木槌；还找到过一只装着纸条的瓶子，它看起来是一个英国女学生在100英里[6]之外巴哈马海域的一条游船的船尾扔下去的。去年冬天一艘货船在墨西哥湾流中起火并沉没，数周之后它的货箱被冲上岸，给我们带来一整套崭新的白色木制草坪家具。

初升的太阳将海滩染成金色，照亮了与海草纠缠的琥珀色梨形浮球、被冲上岸的僧帽水母那靛蓝色的鳔，还有沿海滩向南延伸的木麻黄。我父亲穿着褪色的泳裤，身上也变成了金色。他曾是个拳击手，还是个专业的网球手，一度变得臃肿，第二次世界大战前在圣胡安和迈阿密海滩的咖啡馆无人不知，不过后来他破产了，以开卡车为生。此刻他又开始像一个有着古铜色肌肉的运动员了。他常在沙滩上画线，然后我们一起练习立定跳远和百米冲刺。

在工作日里，他把40磅[7]的水泥袋背上平板货车，然后把它们载到工地去。到了周末，他把成箱的饮料运到佛罗里达大沼泽地的加油站和鱼饵店。深夜和清晨的时候，他则坐在我们小小的客厅里，用藤桌支起一台打字机，给杂志社写一些小故事来赚“外快”。当我们逃离

了城市后，他不再酗酒，同时也摆脱了因为自己名字出现在那些八卦专栏中而产生的厌倦感，现在他的头脑中充满了智慧和好奇。

“看。”他一边说，一边轻轻拉着我的左胳膊，带着我小心翼翼地绕过一块由紫罗兰色僧帽水母触手堆积成的“三角洲”，然后停下。前方海滩高处有奇怪的东西——沙子中间有规律的间歇性骚动。我们缓缓向前，谨慎地靠近，试图搞清那是什么。一捧一捧的沙子上下翻动，投下了长长的影子。

“是一只海龟，”他悄声说，“我觉得应该是蠵龟。它刚产完卵。”

现在我看到它了——硕大的甲壳覆满沙子，都快看不见了，强有力的巨大脚蹼正把沙子往下面的小洞里扒拉。父亲解释说，它掘洞五六英尺深，在当中产百余枚卵，现在正将它们覆盖，使它们免遭掠食者侵袭。我们退后几步，看着海龟完成工作，然后它支撑着自己庞大的身躯下到海岸线，沉没在浪花中，它的四肢在沙滩上留下深深的、奇怪的印迹。

父亲找到两根掉落的棕榈树枝，递给我一根。我们清除掉沙子上的印迹，注意不踩在巢穴上把它压塌，否则会阻碍小海龟孵化并爬出来。“挖海龟蛋是违法的，但人们根本不管。”他说，这时我们正用树枝刷着海龟留下的爪印。“只要巢穴不被打扰，过一两个月小海龟就会挖条道钻出来，爬向大海。我也不知道它们是怎么找到水源或者怎么靠自己到达海边的，但至少它们当中有一些成功了，否则现在这世上就没有海龟了。昨晚是满月吗？”

“我不太清楚。”

“可能是的。现在是6月，据说蠵龟会在6月的第一个满月产卵。那时候海潮比较高，潮水可以更多地覆盖海龟妈妈的足迹。也许你要说，它们可能更想在没有月光的暗夜下产卵，但其实它们在黎明前就产完卵了。这一只是已经有点晚了的。”

“它们是怎么知道什么时候是满月，而且应该是哪个满月的？”

“我不知道。雌性蠵龟可以从这里游到亚速尔群岛，然后在要产卵的时候找到路游回当初它自己被孵化的沙滩。也许它们靠感应地球磁场线来导航吧。”

我们因困窘而流落到这片荒凉的海滩，专门折磨穷人的琐碎尴尬不断提醒着我们的身份。每天早晨我都得用虹吸管把汽油从我们那辆

二手车的油箱中吸出来，才能点开化油器，使车发动起来。然后我带着满嘴的汽油味，登上一辆小黄校车，去往一座非常清苦的学校。在学校里我被当作有钱人，因为我穿着鞋子和衬衫。（至今我仍为当初自己不假思索地问我的同桌“盖布，你上学为啥不穿鞋？”而感到羞愧，当时他用阿巴拉契亚人慢吞吞的语调硬邦邦地回答道：“如果我有……鞋子，我会……穿的。”）在市场的收银台，当我们的钱不够支付所有的食品杂货时，母亲会把一些东西放回去；透过我卧室不结实的门，我能听见她和房东争论什么时候付房租时声音里的紧张。

但我们生活在世界上一个很美丽的地方。从我们的小屋向外看，可以一览被风吹拂的大片马尾藻和后面碧蓝的大海。到了夜晚，繁星如爆裂般耀眼，我们就傻站着看，从月亮逐渐变成血橙色，一直到它又变回银白色。我弟弟布鲁斯和我每天伴着海浪克制的呼啸入眠，然后在同样独特的声音中醒来——相似但并不完全相同。彼时我们对自己的穷困一无所知，却想象自己是被庇佑的。

这些年来，我们的消遣不过是每月有两个周五的晚上可以去汽车影院，但我父母亲总是让我和布鲁斯有书可看。我们有借书卡，图书管理员告诉我们可以把满怀的书一次性借走的时候，我们都高兴坏了。我的9岁生日礼物是一本厚实的绿色封皮的书，书名是《美国学生世界历史》。作者是新英格兰的一个校长，叫维吉尔·M.希利尔，在第一页中，他宣称此书的目的是“告诉孩子一些他来到这个世界之前就发生的故事”，以及“把他从他封闭的、以自我为中心的小世界中带离，这世界因为距离他眼睛太近而显得庞大；拓展他的视野，开阔他的眼界，带他展望过去岁月的景象”。[8]

他做到了。希利尔从描述太阳和行星的形成开始，那是在“很久很久以前”，“世界还根本不存在”的时候！[9]我深受震动，至今依然如此。这就是说，我们所在的这个世界并不是整个世界，而是一个世界、一颗行星，这颗行星上的一切——翻卷的海浪、海鸥、我和布鲁斯在近岸内航道岸边捉旱蟹时脚趾缝中漏出来的泥沙——都是物质，这些物质并非一直在这里，它们曾在那里，在宇宙中。希利尔的书告诉我，地球和泥沙之所以在这里，是因为经历了天文上的运动。这些过程在海龟们熟稔于心的潮汐涌动和月相盈亏中都起着作用。就像希利尔所建议的那样，如果我想要了解这个世界，我得拓宽自己在时间和空间上的视野。我得学习天文学。

幸运的是，我发现天文学是一门很精彩的学科。很快我就把当地图书馆里的天文书读了个遍，还读了几十本科幻小说，它们在我脑子里装满了关于殖民火星及货船来往于木卫三和土卫六的想法。

我母亲就算两年不曾买新衣服，每个月也都会开车走很远的路，带我们去一次最近的书店，布鲁斯和我每人可以买一本自己喜欢的书。很快我单独的书架上就有了珍藏版的天文科普书，有帕特里克·摩尔的，丁斯莫尔·奥尔特的，还有伯特兰·皮克的。我父亲一直对旱蟹感兴趣——我们小时候他构想出一个叫作萨姆的螃蟹侠，这个精灵每逢发薪日就会在冰箱中变出冰淇淋来——他把它变成一个中篇故事，卖给了《蓝书杂志》。在这个名为《第五次攻击》的故事里，被放射性沉降物辐射而产生变异的大螃蟹，袭击了荒岛上一个孤立的居民区。（具有开创性的怪兽电影《X放射线》上映时，我父亲非常失望，因为里面袭击人的怪兽是巨蚁而不是巨蟹。）我们的经济有所改善。父亲得到一份白领工作，我们搬到了基比斯坎的一栋小房子里，那是迈阿密附近的一个岛，曾经是椰子农场。我们买了辆好点的车，然后又买了一台彩色电视机。

那些日子里，基比斯坎的夜晚黑如墨，坚如石。星辰触手可及，像贝都因人帐篷里亮晶晶的珠宝。我从一本题为《观星新解》的书中了解了星座，作者是H.A.雷，他是“好奇的乔治”丛书的合作者和插图作者。我会把餐椅搬到前院，用涂了我妈妈红色指甲油的小电筒照着雷的书，追寻着猎户座清晰的轮廓、在银河南边振翅飞翔的天鹅座，还有看起来很吓人的天蝎座，它在南天咸湿的空气中膨胀得很浮夸，闪亮的尾刺蛰伏在棕榈叶上端。

火星在东方隐现，像阿拉伯集市上的石榴石，一晚比一晚亮。我在书中了解到这是因为火星即将冲日，冲日时，地球正位于火星和太阳两点形成的直线上，地球和火星距离最近；

而1956年的这次冲日，将是特别精彩的一次。火星会运行到距地球只有3600万英里的地方，呈现它两极冰盖和陆地状纹路的绝美景观，激起关于著名的大运河真实性的创见性讨论。天文学家珀西瓦尔·洛厄尔相信，那是远古文明干旱时建造的用来从两极调水的河道。但这些秘境需要用望远镜才能看到。我在《大众机械》杂志背面的一则小广告里找到一款经济适用的望远镜。那年秋天我父母把它作为圣诞礼物提前送给了我。

观星的人和音乐家一样，都是从很低端的设备开始学习，我的第一架望远镜也的确低端。它就是一根纤弱的胶木管——一种又脆又黏的东西，有点像酸奶，不太好描述，但看到就知道是什么——拖泥带水地装在一个用新木材做成的脚架上；承载这么点可怜的重量时，脚架腿都会往里弯。管子尾端用胶粘着一个直径为1.6英寸[10]的物镜，是战时军用的，比老花镜的聚光能力还低。另一端则是一个硬纸板制成的目镜，要想改变放大倍率，就得把它拆开，重新将它泛黄的镜片

装成各种奇形怪状的组合。

除我之外，没人能从这架望远镜里看到多少东西，我刚开始缺乏经验，也不知道怎么弄——第一次尝试用这个东西的时候，我从4倍寻星镜中向外看，却遭遇一只正好停在管子上挡住我视线的蟑螂，它被放大成奇怪的形象。当时我有点气馁，但我可以看到火星了——至少能看到它的两极冰盖，还有一些最容易分辨的表面特征，特别是北半球大流沙地带巨大的匕首形状的暗区——而且形态是在变化着的。火星毕竟是一个世界，而且那时候比现在更神秘。寒冷澄澈的夜晚，我站在前院看火星，就这样开始学习观测行星。我逐渐意识到，空气就像人眼中的晶状体，那是一层弯曲的膜，中间部分（也就是天顶）最薄，到边缘逐渐变厚。这就是为什么晴朗的日子里天顶看起来是深蓝色，而靠近地平线的地方则发白；这也意味着行星在天空较高的地方看得更清楚。[11]我还了解到，最高的放大倍率并不一定产生最好的图像：相反，任何一架望远镜在某个时间、某个地点指向某个目标，都有一个最理想的放大倍率，一个最佳点。一旦你找到它，接下来的诀窍就是一直看，等到空气扰动停止，眼睛瞬间接收到令人心满意足的空明澄澈——那一瞬间一闪而过，却也意味深长，像灵感的闪现带来一个绝妙的点子。

新买的电视机里经常传出一段广告歌曲：“梦幻之车，1957年，水星汽车。”广告中的汽车被冠以行星之名，弄成太空船的样子。未来看起来充满探索的希望。我们面对的是整个宇宙。但我需要好点的望远镜才能看到更多。

我得到一份工作，和我的两个好友一起，在周日的时候清扫人行道和当地商场门口的停车场。这是个很辛苦的体力工作，但薪水不错，很快我就有钱付首付款，买一架不错的望远镜了。它有一个结实的装置、一个喷漆的镜筒和一个2.4英寸的物镜，镜片镶嵌在铝管里，中间真空，不像之前那个1.6英寸的，是用胶水粘在一起的（那个老的镜头上的胶水已经没黏性了，而且变得浑浊）。经历了无尽的等待，新望远镜终于寄到了我家，我始终记得自己打开盒子时的兴奋心情，还有木箱表面清漆的刺鼻味道、闪光的镀铬和涂黑漆的目镜、厚重油腻的弹簧和加压微调蜗轮。我视它为解放自我的工具，开启巨大、古老、壮阔的王国的钥匙。我用它看见了土星沙色的环、猎户座的亮蓝色恒星、半人马座ω星团，以及其他上千种巨大、古老、或热或冷的东西，因此我对合理事物的认知得到了极大的扩展。

与此同时，我父亲开始担心。为什么我要扫大街？我在学校够刻苦了：这才是我的正业。人有一辈子的时间去工作，而童年正是做梦的时候。后来，在一个酷热的周日早上，我正擦着流到眼睛里的汗

水，他开着一辆借来的敞篷车路过，车顶开着，后座塞满了沙滩玩具——一只橄榄球、两只沙滩球、两个内胎，还有一只橡皮球，我们可以拿它朝插在沙滩上的棍子扔，像玩保龄球一样，这是他几年前发明的一个游戏（我父亲用什么都能做成游戏）。他提出我们放下工作，每周日都尽情玩乐，他来支付我们这个月后面未结的工钱。他还可以帮我们用望远镜挣钱。我们几个小孩子面面相觑，然后归还扫帚，跳上那辆大敞篷车，到沙滩上去了。

我有些朋友自己有望远镜。当中用得最好的是查尔斯·雷·古德温三世，他是一个少年老成的男孩，正自学俄语，以便阅读索尔仁尼琴的原著。查克和我从书上学会了用炭笔和彩色铅笔画月球与行星的素描。再后来，我们得到两台旧相机，拍摄了长曝光的照片，记录了月食火焰般灼烧的橘红色彩，还有吞噬着猎户座的纠缠的气体云。我们几个组成了一个小俱乐部——基比斯坎天文协会，或者叫KBAA——查克任主席。我们开始记录观测日志，和我们在书中看到的英国天文协会里的那些令人敬畏的成年人一样，煞有介事地在日志里填满素描和数据。

摘自KBAA日志：

1958年6月14日。从21点观测至23点，未画图。视宁度优秀。所有观测对象均为深空天体，在天鹅座、天蝎座、大熊座和天琴座。非常好的夜晚。

1958年7月6日。视宁度较好。画了三幅木星图，一幅为彩色。

1958年7月11日。视宁度良好。观测了天蝎座的深空天体，还有天鹅座δ和半人马座ω。我们来了个客人——来自伊利诺伊州埃文斯顿的约翰·马歇尔，他成为我们当中的一员，并担任KBAA伊利诺伊分会的会长。

1958年8月1日。费里斯制作了他的两幅木星标准像，观测了一些常见的深空天体。满月升起后观测中止。

1958年8月24日，黎明前。从3点30分到5点30分，古德温和费里斯观测了M34、英仙座的双星团、金牛座的毕星团，还有火星。

如果你夜晚经常在室外流连，你总能遇到意想不到的奇景。有一天晚上我们看到一个明亮的火球——一颗流星，一大块石头，也许不

比高尔夫球大，但看它撞入地球的大气层，与空气摩擦起火，还是无比壮观。当时我正在草地上弯腰捡星图，突然星图的颜色跃入视野——白色纸页上蓝色的银河和红色的椭圆星系，映在猛地显现出明亮绿色的草坪上。我抬头看去，发现周围都像沐浴在日光之下，绿色椰树朝着蓝天挥舞。所有东西都投出两个影子，黑的和红的，而且在移动，由北至南顺时针快速移动。我看见了天空中的火球，它是银色和黄色的，带红色光晕，比月亮还要亮，朝西北疾驰而去，带有金色斑点的白色余迹逐渐消散。

看着它散去时，我想起几年前有一天，我妈妈去一个乡下的杂货店，我闲逛到一个铁路交叉口。万籁俱寂。暮色淡紫，暗淡到可以看见金星悬挂在新升起的一钩弯月之上。然后铁路交叉口的警钟响起，巨大的红灯闪耀，涂有黑白色条纹的栅门落下，挡住了土路。火车尚未进入视线，但铁轨已经开始嗡嗡作响。我在口袋里摸到一分钱，把它放在轨道上，然后跑回到安全的距离，因为我听说，你如果离一列疾驰的火车太近，会被吸到轮子底下。一个黄色车前灯出现在远方，以不可思议的速度靠近。火车一闪而过——一列快车！——随一阵巨响而去，速度奇快，我的眼睛只捕捉到模糊的图像。带着血红色条纹的油罐车从柴油发动机的子弹头后延伸出来，在暖黄色车灯中，我好像瞥到了覆着白色亚麻布的餐桌。然后火车就消失在真空之中，留下报纸在暖湿的空气中打着旋儿。

我瞠目结舌地站在那里，视线追随着它。我发现自己戴着的黑色硬纸板牛仔帽已经被我摘下来覆在心口。数年之后我听到密西西比蓝调歌手布卡·怀特的一首老歌的录音，它恰能捕捉我当时的感觉：

登上那极速的特殊流线，

离开了田纳西孟菲斯，

驶入新奥尔良。

速度那么快，流浪汉不再嘲笑这辆列车，

他们只是沿轨道站立

帽子在手中……

这首歌真是寂寞，我有时候觉得自己就是一个流浪汉。[12]

此情此景令我产生的感觉无可名状，直到数年后我读到爱因斯坦描述他第一次邂逅几何时所学到的东西，他回忆说几何指引方

向，“把我从‘完全自我’的循环中解放出来，从为欲望、希冀和最原始的感觉所驱使的存在中解放出来。外面的巨大世界独立于人类存在，在我们面前就像一个伟大的亘古之谜，至少部分仍能够为我们的观察和思想所触及。这个世界的凝视像自由在召唤”。[13]

数十年之后我回到基比斯坎做讲座，我发现曾经的暗夜星空被城市灯光染成了鱼皮灰。为了降低光污染，当地正在采取一些措施，诸如限制广告牌的大小，鼓励使用有顶盖的路灯，这样既能照亮路面，又不会有光投射到天上浪费能量。致力于解决光污染问题的观星者还和关注海龟筑巢的海洋生物学家结成了同盟。那些海龟，看起来更喜爱暗夜里的海滩。

第二章

宇宙飞行

要遨游太空，除了船与帆，还得有不惧征程的人。

——开普勒给伽利略的信

我们唯一要隐藏的是我们一无所有的事实。

——1961年苏联太空项目期间，尼基塔·赫鲁晓夫对他的儿子如是说

1957年10月5日，周六早晨，基比斯坎，我父亲叫醒我，把《迈阿密先驱报》的头版塞到我惺忪的睡眼前。上面写着俄国人的“斯普特尼克号”实现了绕地飞行，成为第一颗人造地球卫星。我和我父亲都惊呆了。所有人都觉得美国人才会是第一个进入太空的。现在情况反过来了，太空竞赛是来真的了，我们开始你追我赶。周一早晨，校长在学校的有线广播中告诫我们，若要打败俄国人，就要好好学习数学和科学。

“斯普特尼克号”带来的震动于我和天文俱乐部里的朋友倒是个好消息。我们对火箭和太空的喜爱由来已久，但没有多少人在意。现在，有那么一阵子，可爱的小姑娘们会来问我们关于卫星的问题，我们解释火箭引擎怎么工作的时候，她们会直直地看向我们的眼睛。我们努力做出不食人间烟火的火箭飞行员模样，回答我们最珍视的、令我们喘不上气来的问题：“你会去太空吗？”

20世纪50年代的佛罗里达是这个前瞻性社会中特别具有未来色彩的一部分。相貌奇特的有X标志的军事实验机飞越霍姆斯特德和卡纳维拉尔角，在和柯达彩色胶片一样蓝的天空中蚀刻出长长的、高高的凝结尾迹，我们这些小孩互换印有飞机照片的卡片。报纸上全都是关于不明飞行物的故事。汽车影院里放映着关于外星人入侵和人类飞往月球的电影。周日晨间的电视节目是一部精心制作的系列宣传片《大局面——我们的军队在行动》，由军士长斯图尔特·A.奎恩用振奋人心的口气讲述。开头就是一个令人担忧的镜头——毫无疑问这是有意为之的，放心——一颗榴弹炮向一颗核弹开火，长长的寂静之后，炸弹才远远地爆炸，并升起标志性的蘑菇云。在一些插图很有感染力的书，比如《穿越太空边境》中，火箭科学家韦恩赫尔·冯·布劳恩和维

利·雷提出建造一个大的轮子形状的绕地空间站，建立一个月球基地，然后派宇航员开拓火星。我用胶水粘了一个可以把他们送过去的塑料巨型火箭模型，然后在我们前院的鲜绿色草坪的铺路石上，运用精准复杂的倒计时程序发射了它。

我们搬到基比斯坎之后，太空竞赛趋于白热化。从卡纳维拉尔角发射的火箭常常沿着海岸线，几乎从头顶直飞而过。（有一天晚上，在一个广播采访节目中，一名空军将领被问到为什么从卡纳维拉尔角发射的火箭并不飞越迈阿密上空。“哦，这种轨道的导弹总有极小概率坠毁在迈阿密市中心，摧毁建筑，引发大火，”他答道，“这会削弱我军的士气。”）火箭总时不时爆炸，这令人沮丧（例如著名的民用火箭“先锋”，它原来打算为平稳进入太空开路，以作为国际地球物理年活动的一部分；“朱庇特”“雷神”“宇宙神”也都先后牺牲），即便发射成功，也总是延迟数小时甚至数天。计划的发射时间一般是不公开的，以免这本来就万众瞩目的事变得更难堪，但偶尔也有发射会在电视上直播，给我们这些观星者一个在天空中看到它的好机会。

摘自KBAA日志：

1958年12月5日至6日，周五晚至周六早晨。12点45分观看NBC（全国广播公司）电视台的对月发射，然后到屋顶上看第一级火箭燃尽。无蒸汽尾迹。任务是发射“先驱者3号”月球探测器，但新闻报道说点火出现错误，今晚火箭达到约6万英里高度时会落回地球。上午9点45分，用太阳滤光片和25毫米目镜拍摄了太阳照片。

其他发射则变成了惊喜。

1959年1月30日至31日。查克和我观测了火星，但没有画图。观测的时候，我抬头看见“雷神”火箭在天空中划过一条弧线，蒸汽尾迹在身后喷流，被安装在火箭上的100万烛光度的灯点亮。我们爬上屋顶准备看计划晚上11点发射的“宇宙神”火箭。但“宇宙神”没有发射，午夜我们从屋顶上下来。观测了猎户星云。月亮升起来，我们拍了照。当地时间早晨5点回去睡觉。总之，这是个比较成功的夜晚和早晨。

看过几次火箭怒吼升空，我们就被牢牢吸引。我父亲会打电话给一个记者朋友，他叫本·芬克，负责美联社卡纳维拉尔角地区的新闻报道。本会把预定发射时间透露给我们；然后查克和我就爬上屋顶，把借来的相机设置好，接下来等待。我们知道火箭待发时会被笼罩在强光探照灯下，我们紧盯北方地平线，确信如果地平线变“暖”，我们就

知道要发射了。因为发射经常延迟或取消，我们每次都在屋顶上等数小时才能真正看到火箭，所以最好是用观星来打发时间。屋顶倾斜不平，条件并不理想，但我们还是设法把望远镜拖了上去，用我母亲的熨衣桌放星图。有一天晚上，一个巡警发现大半夜我家屋顶上有我们和设备的影子，于是摁响了门铃，叫醒了我母亲。

“夫人，”他有礼貌地说，“您知不知道您家屋顶上站着两个人，他们好像还拿着步枪？”

“哦，我知道的，警官，”她一边打着哈欠系上睡袍，一边答道，“一切正常。”

1960年8月12日，我16岁生日的前两周，NASA（美国航空航天局）将一个银光闪闪的聚酯薄膜太空气球送入轨道，气球直径100英尺，名叫“回声1号”。它可以把无线电报从东海岸传到西海岸。艾森豪威尔总统表示这显示了无源通信卫星的可行性，而我关注的则是“回声1号”用肉眼就可以看见。它宛如太空中一盏明亮的信号灯，像天尽头一艘高桅帆船一样轻易可见。我的天文台日志里，1960年8月14日至17日的泛黄纸页上记载着，我看它在夜空中滑过，然后黎明前醒来再看它一次，四天里观测到它七次。我觉得自己像远古时候在海中凝视陆地的肺鱼。我们是可以上天的。

我16岁的那天拿到了驾照，我借了我母亲的车，开到卡纳维拉尔角去，本·芬克帮我和我朋友订了汽车旅馆的房间。沿着美联社办事处的门厅往下走，就能在露台看见恢宏的发射台。我震惊了，我这些年一直在读罗伯特·海因莱因和其他科幻小说作者对宇航中心的想象描写，现在看到了它真正的模样。它壮美的外观表达了它雄心勃勃的意图——闪闪发光的火箭立于湛蓝色的天空和翻腾的白云之下，恰如飞机卡片上的一样。掩体在发射台数英里之外，安检大门又在掩体数英里之外的更远处。梦想变成了现实，绵延在佛罗里达平原上。

学校老师和顾问（名副其实的顾问）都建议我说，当作家谋生太难，而我要想成为一个科学家的话，老早前就得学习拉丁文了，于是我转而在西北大学学习英文和传播学，立志做一名律师。我从四年级中期开始就和学校疏远了，我把对学习漫不经心的态度也带到了大学里，我很少打开课本，倒喜欢在夜晚读诗和哲学，在一把破旧的钢弦吉他上创作歌曲。我唯一上过的科学课程是一个胡子拉碴的天文学家教的，在我们新生眼里，他是个老头子。他在课堂上说，“我们当中的一个人将来有一天可能会飞上太空”。礼堂里响起一阵怀疑的低语；我想我们大部分人可能都觉得我们生得过早，不适合怀抱这种梦想。但结果是，当时那个房间里确实有一人进入了太空，那就是他自

己，我们尊敬的教授。他的名字是卡尔·海因兹，我毕业那一年，他离开讲堂，加入了宇航员队伍，参加了1985年“挑战者号”航天飞机的任务。数年后我在一次宴会上碰到他，开一辆保时捷载他夜行。我们达到高速时，卡尔大声笑起来，喊道：“这是我们宇航员应该开的车。”卡尔于1994年去世，年近70岁，他死于攀登珠峰时的缺氧。他的遗体就葬在那里，在2.2万英尺的海拔高度。

我不好意思说自己几乎没怎么上过卡尔的课。我耽于女生和车，逃掉了大部分实验课，几乎挂科。最后一次实验课会议，是在星空下的密歇根湖湖滨举行的，当时我看见一颗卫星正朝东飞去。

“抱歉，”我对一个正滔滔不绝地发言的研究生说，“对不起，打扰了，但我想大家可能都有兴趣看到这里有颗卫星过境。我本应过会儿再说，但如果我计算准确，那么它马上就要进入地球的影子了。”

我们都朝上看去，看卫星沿着永恒的牛顿落体曲线滑行。几分钟过后，它消失了。那个研究生在黑暗中笑起来，于是我通过了这门课程。

第三章
氧层

雀在檐下，

鼠在屋顶，

俱是天籁。

——松尾芭蕉

不是所有伟大的事情都得有一个强有力的理由。

——塞缪尔·约翰逊

1959年基比斯坎的傍晚，星星开始闪现，我透过望远镜欣赏着金星漂亮的月牙形状，查克在调试他的手持收音机，他在短波波段之中和商业调幅广播波段之外搜索着，像挥舞魔杖一样移动着天线棒，寻找遥远的声音。这台收音机其貌不扬，但它确能“筑巢引凤”，就像我们那时候说的，能收到业余无线电操作者的声音，在我想象中他们是坐在北极圈的小冰屋内，或者是身处曼德勒的小草屋中。用这台收音机也能收听来自莫斯科、中国的“声音”，还有BBC大本钟报时的鸣响。遇到一些时变现象，比如木卫凌木时，我们就把收音机调到WWV广播[14]，聆听国家标准局的原子钟，磁带式录音机记录下我们嘎吱嘎吱的声音，这些声音标志着流逝的每一秒带动恒星过天，以及我们暗中期待的实用至上的成年时光走近。

夜晚是收听广播的好时光，因为那时候头顶的电离层会加强，可以跨洲回传信号。无线电的先驱们曾把这个反射层称作“氧层”，其命名来源是氧（氧气和臭氧），它闻起来有雷雨过后和发电机周围的味道。（电离层确实含有一部分臭氧，但它区别于“臭氧层”，臭氧层在大气层中的高度不到它的三分之一，只有20英里高。）夜间，太阳的扰动停止，电离层趋于稳定——像马尾藻一样成块聚集——广播信号于是就像长了腿一样流畅。远方的信号从背景噪声中显现出来，以一种诱人的、不可预测的方式时隐时现。

观星的漫漫长夜里，我们最喜爱的电台是田纳西纳什维尔的

WLAC。我们第一次听蓝调就是在这个台。

在20世纪50年代的佛罗里达，法律和风俗都实行着种族隔离，广播电台也是如此。所有大的电台都只播放白种人歌曲——南部市场都有这样的大环境，埃尔维斯·普雷斯利后来的经纪人汤姆·帕克上校断言，如果自己能发现一个可以像黑人男孩一样唱歌的白人男孩，他就可以发大财，当时他就是考虑到了这一点。有一小部分迎合佛罗里达黑人居民的电台，用的主要是低功率发射机，毫不夸张地说，它们都在调频旋钮最末端，而且也很少放蓝调歌曲。所以我们几乎听不到蓝调；一些黑人艺术家，比如查克·贝里、小理查德和“胖子”多米诺，他们的新歌都是把蓝调唱成摇滚——直到入夜，我们在室外星空下听着查克的收音机，发现了WLAC。[15]

WLAC是一个“清晰频道”，它是纳什维尔的5万瓦特调幅广播，由人寿与意外保险公司运营——实际上我在广播里听了太多次“生命与意外”这个短语，它成了我年轻时候的口头禅，成了人类命运迷茫不可知的一句箴言——它还把黑人音乐当作生活中的乐事，如月夜月光般自然而然。电台的格言是“健康、节俭、娱乐和教育”，而且它的广告几乎就和音乐一样令人愉快：“活体小鸡送货到家！110只最鲜活的小鸡！现在只要2.95美元！”“皇冠美发、皇冠护发，使您的秀发柔顺亮泽、时尚带感。”“厄尔尼的唱片集市！天哪，真的弄到了，店中大量有售！”

在这种风尚下，我们这两三个白人男孩围着收音机，浸淫在初生的美国黑人音乐之中，仅仅是一瞥，却引人入胜，因为它可遇不可求：声音在“氧层”的变化中膨胀和衰退，当B.B.金的吉他独奏或者是桑尼·博依·威廉姆斯的吟唱消失时，剩下的就只有呜咽。我听着查克的收音机里WLAC电台断断续续的声音彻夜观星，开始思索天文与音乐的交织，不过我那时候还不知道开普勒曾给伽利略——一个音乐家的儿子——写信谈过关于宇宙音乐的理论。

我得到一辆汽车——一辆未改装的、可以上街的赛车，我是在被倾盆大雨冲掉了路面的棕榈滩赛道上买到它的——我成了痴迷于公路和广播的百万大军中的一员。午夜，我在双车道柏油马路上长途奔驰，穿越南部，横跨密西西比，进入西部，在朴素的驾驶座上闻着皮革、汽油和焦煳的底漆的混合气味，在双排气管的雷鸣中打开WLAC，然后是新奥尔良的WWL电台，接着是来自密西西比克拉克斯代尔的黑人音乐节目主持人厄尔利·赖特的蓝调广播的一些片段。（“这张唱片是我给你找到的，愉悦你的耳朵。”厄尔利·赖特会这么说，他并不经常啰啰唆唆地介绍这张唱片，而是假定他的听众都是懂他们的三角洲蓝调的。）车子一路朝西，接下来是芝加哥的大蓝调音

乐清晰频道，在横跨巨大的河流，朝加利福尼亚进发时，它衰退成静电噪声，那是地球和太阳的低语，沿着弧形的磁场线延伸至极点，穿越墨西哥边境时被私人电台奋兴布道者阴柔的恳求打断：“女士们，如果你们怀孕了，记得来索取我们的《准妈妈祈祷小册》。只要5分钱。有个女士没有这么做，她的宝宝生下来时额头上长了个巨大的眼睛！”

一个漫天繁星的夜晚，我开车到阿比林以西。一列长长的货运火车行驶在和道路并行的铁道上，烟从双蒸汽火车头上团团升起。我超过了它，几分钟后听到了来自氧层某处的蓝调老歌，歌曲极为动人，我的眼泪夺眶而出，迫使我把车停在了路边：

让那午夜专列

把灯光照在我身上。

让那午夜专列，

把那心爱的灯光照在我身上。

午夜专列是越狱的逃犯渴望登上的通往自由的列车。歌手是赫迪·莱德贝特，他更为人熟知的名字是“铅肚皮”，他恳请宽恕的歌两度帮助他获得出狱的机会。听到像《午夜专列》或者类似“盲人”威利·约翰逊那无与伦比的《暗如夜》这样的歌，总令我陷入蓝调中不可自拔，也使我成为众多学习吉他谱的白人男孩之一，那些曲调的背景距离我们如此遥远，仿若来自另一个星球。我开始把美国南方的蓝调歌手想成孤独星球的族人，无边黑暗中的一点亮光。

如果你还年轻，不知道要去哪里，那么公路是个理想的选择。沿路的警官有时候会问我：“什么事这么着急？”但其实没什么着急的事。专注于高速驾驶的司机并不急于去哪里，他已经在那里了，在他所希望的地方——在高速下，汽车似乎坍缩到只有摩托车大小，摩托车坍缩到手掌和手腕那么大；车子尖啸而过时，路也会坍缩到搏动的血管的厚度，但总有足够的空间供他驰骋，他的耳朵和心都只能听到引擎的呼啸和好听有力的音乐，后者来自“氧层”。我在路上无尽地飞驰——不知道为什么，午夜过后，双车道柏油路好像总在指引你向前——凝视着车前灯的黄色椭圆形灯光，像未来世界的宇航员，漂泊在真空中，和泰坦星[16]擦肩而过。但我未曾感到孤独。我知道自己在正确的地方。

那时候的公路还很黑，星星一直陪伴着你。它们在纽约、芝加

哥，甚至圣路易斯这样的大城市都已经被放逐，但在城外这些开阔的公路上，星星几乎总是和你在一起的，无数亮点汇聚成春天的花海，向你喷洒，装点在你视野周围。如果你停车抻腿，或者是呷一口波旁酒，灭掉前灯的一刹那，星光会填满你的挡风玻璃。靠在破旧的皮座椅上，透过钢化玻璃看着它们，听着太空摇滚或者是蓝调音乐在仪表盘中间的扬声器中爆裂，而气冷式发动机的顶盖和排气管回以爆裂声，你感到一阵松快。于是你理解了庄子被他弟子问到他希望自己的葬礼如何安排时的回答，他说："吾以天地为棺椁，以日月为连璧，星辰为珠玑，万物为赍送，吾葬具岂不备邪？"[17]

电离层上面布满了洞眼，不是所有大的广播台的音乐都能传回地球。有些音乐直接穿过电离层，逃逸到太空，飞向星辰。我们在20世纪50年代听到的蓝调旋律的碎片依旧在那里，在太空中以光速穿行。"胖子"多米诺的《蓝莓山》和桑尼·博依·威廉姆斯的《零下9度》到现在已经造访了数百颗恒星了吧，有些恒星还拥有行星。从理论上说，它们可能还遇到了天外的听众，如果那里也有谁守着一个敏锐得足以接收到它们的收音机的话。

原则上说我们也能听到他们的广播，同样地，从数千光年外的恒星系统有目的性地发送的强信号，现有的射电望远镜就能侦测到。

这不是新的理论——马可尼和特斯拉是无线电工程先驱，他们早就知道无线电信号可以穿越空间，也收听过来自火星的信号——但现有的技术先进到可以把这些梦想变为真实的可能性。20世纪50年代的时候，天文学家把二战期间由微波接收器发展而成的雷达装置拿过来，编织成了天线盘，形成了射电望远镜。这些"无线电天文学家"研究星系和星云发出的自然射电能量，然后将雷达信号反射到金星和月亮。我们天文爱好者喜欢看的刊物不再仅仅发布星系的照片，还发布他们的射电图。黑暗中这些恒星外层不可见的部分比它们可见的部分延伸得更为可观，像煎锅中鸡蛋周围融化的黄油。1960年，一个名叫弗兰克·德雷克的年轻天文学家将一架射电望远镜对准了两个邻近的类日恒星，倾听非自然的信号，开创了后来被称作SETI——搜寻地外文明（the Search for Extraterrestrial Intelligence）的项目。

20世纪末进行着好几个私人赞助的SETI项目，超过100万人在200多个国家奉献了自己的闲暇时间，在他们的家用电脑上梳理SETI数据，搜寻信号。数据大部分由波多黎各阿雷西沃的大型射电望远镜搜集，然后通过电子邮件的形式分发到德国、瑞典、荷兰、蒙古、刚果，处理后的结果以同样路径自动发回。高科技公司组成团队，每家都希望自己最先发现信号，他们展开竞争，看谁能以最快的速度分析出最多的SETI数据，工作站机器彻夜轰鸣。这个在业余志愿者中发起

的新奇试验被称作“SETI@home”，在大约一个月的时间里就组成了世界上最大的超级计算机，执行着地球上有史以来最大的计算项目。[18]

1990年的一个夜晚，我打电话给SETI机构的塞思·肖斯塔克，他正在阿雷西沃观测，我问他进展如何。他说SETI@home检查了几周前搜集的数据，对他的团队通过望远镜所做的粗略实时分析来说是个很好的补充。他对这个项目基本原理的解释，听起来很像查克和我当年在星空下用那台小收音机做的事。

“我们基本上都是实时处理数据，”肖斯塔克告诉我，“现在我们监控着2000万个频道。我们一直挑拣着那些看起来像外星人的信号——每分钟就有几条——几乎每分钟我们都会在其中发现一条不错的候选信号，然后我们会立刻将其发送到第二台望远镜进行检查。这很重要，因为千秒差距（3260光年）之外或更远的地方一旦有信号，都意味着一次星际闪烁——闪烁程度随信号强弱变化——它由恒星之间炽热的气体云产生。从某些方面来说，它类似于你在调幅收音机中听到的声音。在加利福尼亚，你可能有那么一两分钟会收到芝加哥的WLS台，一分钟后又收不到了，因为电离层在变化。类似的情况可以发生在星系中更远的地方。你可能听到什么，回去找它，发现它又不在那里了，因为你回去找时，由于星际闪烁，它的振幅又衰减了。”[19]

对天外无线电信号的探测也许可以对整个科学史都做出贡献，但没人真正知道它的好处在哪里。尽管已有一些关于具有高等智慧的外星人教我们治愈癌症或终止战争的想象——我怀疑这反映了他们的想法非常狭隘——但我们并不知道外星消息能否被解码，或者如果能解码，信息中表达的世界观是否足以和我们自己的世界观产生交集，以至于两者能够彼此理解，更不用说互相沟通。我自己的预期是就算信息不是极难翻译，也会冗长繁杂，要理解和吸收它，可能要建立完整的机构，类似于当年建立欧洲的大学是为了翻译亚里士多德的著作。

但那是因为SETI是真正意义上的开拓。哥伦布也不知道自己会发现什么。据说迈克尔·法拉第在19世纪30年代试验发电机的时候，英国财政部大臣威廉·格拉德斯通问他这个东西到底有什么用。“我不知道，”他答道，“但我打赌将来有一天你的政府会向它课税。”[20]如果一项事业的结果是我们能够预见的，那它就不是开拓。

我们不禁要问，假定一个绕着遥远恒星旋转的行星上的先进文明，拥有渊博的学识和我们这样的婴儿文明（开始广播信息不过一个世纪）根本无法超越的技术，那它为什么要烦神发送我们能侦测到的信息，或者聆听我们古老的广播？如果我们把外星文明想象成一个整

体，那么这样的尝试似乎没有什么实用价值，除非他们可能是想充实自己对各种生物系统和社交系统的研究——不带感情地注视我们，就像透过一台解剖显微镜似的。但我们自己的行星已经证明，智慧的社会群体并不需要是完全统一的。相反，他们也许是靠多样性来繁荣，允许个体只做他们自己喜欢的事。在这层意义上，我们接收到的第一条信息也许并非是负责星际联邦的大长官发送的，倒有可能是相当于高中业余无线电俱乐部的外星团体发送的。第一个收到《杰克·本尼秀》节目和电视剧《我爱露西》的外星人，并不一定得是仙女座γ星上用触手操作大型射电望远镜表盘的科学家。他们可能就是像查克和我这样的孩子，正在搜寻着“氧层”，试图发现新东西。

一定有很多人觉得懊恼，我们留给外星人的第一印象居然可能是WLAC的《阿莫斯和安迪》或是比尔·“霍斯”·艾伦的午夜秀。但我要说，幽默和音乐是对政治家严肃的官腔官调的反抗，在某种意义上，古老的广播节目是带有偶然性的，更接近真正开拓者的野性灵魂。

20世纪70年代，我制作了一张唱片，它随两个“旅行者号”星际空间探测器升空。这是地球文化的一个样本，是给航天器在百亿年漫游旅程中遇到的人的馈赠。“旅行者号”唱片中保存了27段音乐——从巴赫、贝多芬到爪哇佳美兰音乐，一首中国古琴曲片段，还有“盲人”威利·约翰逊的《暗如夜》——我们还放进去一首摇滚歌曲，那就是查克·贝里的《约翰尼·B.古德》。它描述的是一个乡下年轻人希望自己的演奏可以在大城市里帮他获得名声：

他经常用一个粗布袋子装着自己的吉他，

坐在铁路边上的树下。

工程师们看着他坐在树荫里，

和着司机们的节拍演奏。

过往的人们纷纷驻足，

称赞道：哦，天哪，这个乡下男孩弹得多好。[21]

这首歌还触发了喜剧电视节目《周六夜现场》的灵感，在节目中它变成了一个滑稽片段，讲地球科学家收到来自外星文明的无线电讯号，外星文明拦截到了“旅行者号”航天器并播放了这张唱片。他们给地球科学家发的消息是：“多发点查克·贝里的歌！”

在不安分的青年时代，我数次横跨美国，彻夜奔驰，收听氧层的

无线电，但最终一切都改变了。那时候的公路是自由的一种象征，我们现在仍能听到这种“公路歌”。

但现在这样的大路愈发少了。双车道柏油路被便道截断，在深夜，遥远的州际公路都能堵成一段一段。大部分时间里，你开着车，就像在一列没有尽头的火车的一节车厢里，尾灯在挡风玻璃上，前灯在后视镜中。现在真正的大路只有向上求索——穿过电离层和氧层，抵达行星与恒星。

守卫：拜访“白先生”

1990年初的一个周六夜晚，我刚在加利福尼亚州奥克兰的夏博天文台公众科学中心做了一场讲座，顺便参观了放置着20英寸的约翰·布拉希尔折射望远镜的圆顶屋——望远镜建于1914年，至今依旧是研究行星的利器。一个讲解员从我身边走过。巨大的奶油色圆顶之下，百来个小学生正在排队，等着爬上台阶透过目镜观看。一个年长的天文学家站在旁边，帮助每个学生对准焦距，在他们每个人耳边小声介绍土星的大小、距离和组成部分，以及土星一侧的那个亮点其实不是一颗恒星，而是它的卫星土卫六。

“那个人是谁？”我问。

“怀特曼先生。”讲解员答道。他把这个姓氏念成“白人”[22]，事实上金斯利·怀特曼也的确是我见过的最白的人之一。他满头白发，皮肤接近上好铜版纸的白，着装也是全白。他看起来像个与望远镜一起诞生的幽灵（其实他比望远镜要年轻43岁），是尚存的与19世纪天文学的连接。讲解员告诉我，因为夏博天文台的资金问题——天文台当时由缺乏资金的奥克兰公立学校系统运作——怀特曼先生已经好几年没得到工资了。但在天文台对公众开放的时候，他还是会出现，坚持给孩子们展示行星与恒星。我等到休息的间隙向他做了个自我介绍。

“有什么能帮到您吗？”

“我知道夏博最近遇到一些资金上的麻烦，”我说，“现在情况如何？”

他笑了。“那个啊，先生，这都成了夏博天文台的招牌了。每个学期我们都面对这样的问题：‘我们怎样才能让夏博再撑一个学期？我们只要能让它再开一个学期，应该就能解决这个预算危机。’每年我都四处游说，宣传夏博的价值，还有我们要让它开放的原因。他们说：‘可是，金斯利，我们都没钱教读写和算数，为什么还要教天文呢？’但是接下来他们朝望远镜里一看……”他摇摇头，声音也低了下去。

此后我常常想到怀特曼先生，当我在附近参加公共开放夜的

时候，我总会顺路过去看他。我了解到，这个天文台是在奥克兰的校监詹姆斯·C.吉尔森的鼓动下建立起来的，以水利工程师兼慈善家安东尼·夏博的名字命名，这座城市的第一批水管有许多都是他铺设的。怀特曼告诉我，他毕业于伯克利，拿的是教育文凭，为了在奥克兰的公立学校谋得一个教职，他又回去学了天文。“能在夏博天文台教书，让我很激动，”他回忆道，“第一次用望远镜观星的时候我就被深深吸引，显然它对其他人也有一样的影响。”

土星真的令他感动到落泪。“依我看，土星真是一个美丽的天体，”他说，“你看它的比例，它的对称性，它的颜色。想象一下我初见这颗行星时的狂热！现在它依旧如初见般美丽。”

数年之后，怀特曼和他的同事还在为保证夏博开放而斗争。与此同时，民间领袖组织了一个基金会，为夏博科学中心募资，科学中心可以放置望远镜，为社区提供一个新的天文馆和教学设施。一天，有消息说他们成功获得了1700万美元的赞助，设施的最终价值将达到7450万美元，并于2000年开放。

赞助公布后的一个周六夜晚，我在这个老天文台门口驻足，欣慰地看到怀特曼先生在那里，在朴实的圆顶下向一排小学生展示木星。他结束后，我祝贺他获得新的赞助。

“我们做到了！”他开心地笑道，“这么多年来，一直都是‘我们怎样才能让夏博再撑一个学期’，现在耳朵眼里都能倒出钱来！问题变成了‘您还需要更多的钱吗，金斯利？100万够不够？200万呢？’。

“我告诉你，”他靠过来，放低声音，向我吐露，“一旦你有了1700万美元，他们就不再提要把你关掉了！”又有一队小学生来到圆顶下，“白先生”儒雅地向我说再见。我看着他走向轮式台阶，他的左臂因中风而缓缓抖动。他用手拉过第一个学生，把她带领到望远镜前。

第四章

业余爱好者

爱好者（amateur），源自法语“amateur”，拉丁语“amator”……意为“去爱”。

——《牛津英语词典》

知之者不如好之者，好之者不如乐之者。

——孔子

落日西沉，佩科斯以西靠近戴维斯堡的得克萨斯高地上正在举办星空聚会，干燥的土地上已经挤满了望远镜。西边渐暗的夜空下升起一排翻滚的丘陵，它们被戏称为得克萨斯的阿尔卑斯山。我们的东边就是恐龙城，它因盛产石油而著称。

星星都出来了，清晰极了——猎户为“狗星”（亮白色的天狼星）所追逐，向西边的地平线逃逸，乌鸦座的四边形在东南方向，狮子座的镰刀形状靠近天顶。行星木星也在天顶附近；许多望远镜都指着它，宛如向日葵追随太阳。聚拢的黑暗吞没了山谷，观测者眼中的景色被陆地上的星座（望远镜电子器件上的红色LED指示器、工作着的红色电筒）所取代，还有声音相伴——叹息、吃力的呼吸声、低沉的诅咒，以及流星划过天空时零星的喜悦的叫喊。很快天就暗到可以看见黄道光了——这是延伸到小行星带之外的行星际尘埃反射的太阳光——它像遥远的探照灯一样刺入西方天空，宛如奥玛·海亚姆和他的译者爱德华·菲茨杰拉德所说的“黎明的左手”。银河升到东边山顶上方，非常明亮，我一开始将它错认为一堆云。在这么透明的夜空下，地球成了一根栖木，一个用来观看宇宙其他地方的观景台，更像一个人站在摇摇晃晃的梯子上，凝视那些巨大的牛顿反射望远镜目镜时脚下的立足点。

我是和芭芭拉·威尔逊一起过来观测的，她凭借在黑暗中搜寻遥远目标的锐利视觉而成为一个传奇。我看到她站在一架小梯子上，透过她20英寸的牛顿反射望远镜窥视着——设备校准到不能更精确，她在每次观测前都会用棉签擦拭目镜，上面蘸着象牙皂、异丙醇和蒸馏水的混合物。芭芭拉在一张观测台上摆好了《哈勃星系图册》、《测天

图2000》、一个在背后由红光灯箱照明的夜视星表、一台被用来展示另一张星图的笔记本电脑，还有一张列着她想看到的天体的清单。清单上的很多东西我听都没听过，更别提看过。其中包括科瓦尔天体（芭芭拉告诉我，那是人马座内的一个矮星系）、莫隆格勒—3星系（当它发出我们现在看到的光芒时，宇宙的年龄只有现在的一半），还有一些不知名的星云，比如闵可夫斯基的脚印、红矩和戈麦斯的汉堡包。

“我正在寻找M87的喷流。”芭芭拉在梯子上低头对我说。M87是靠近室女星系团中心的一个星系，距地6000万光年。一束白色喷流自它的核心喷出。它由等离子体——被电离的原子核和电子，它们是足以撕裂原子的高能事件下的幸存者——构成，从这巨大椭圆星系中央的大质量黑洞两极以接近光速的速度喷射出来。（没有什么东西能从黑洞内部逃逸，但它的引力场可以将物质高速弹射出去。）天文学家研究这种喷流的结构，描绘M87内部的暗云——通过喷流在与暗云冲撞处堆积的方式，可以推断出暗云的地点和密度——然后通过线条上的扭结和堆积，来重构近期黑洞周围喷射出的物质的不同数量。他们用上了可利用的最强大的设备，包括哈勃空间望远镜、夏威夷凯克天文台的两台口径为10米的反射镜，还有甚大阵——一个位于新墨西哥，由27个射电天线盘组成的横贯沙漠的Y字形阵列。至今我还没听说哪个爱好者看到过这种喷流。

在长久的沉默之后，芭芭拉大声说：“它就在那儿！我是说，就在那儿啊！”

她从梯子上爬下来，笑容浮在黑暗中。“我之前就看到过一次，在天鸽座，”她说，“但没人能为我确认——找不到一个能有这份耐心看这个的人。但这玩意儿实在太明显了，你看到后就会‘哇’的一声，要不要来试试？”

我爬上梯子，调好目镜焦距，检视着散发微光的球状M87，在770倍率下，它像一条膨胀的河豚。我没看到喷流，便开始进行标准的暗视步骤。放松，像做运动的时候一样。深呼吸，确保大脑摄入足够氧气。双眼保持睁开，让需要用到的那只眼睛不至于肌肉紧绷。手掌覆住左眼，或干脆在大脑里清空它——其实很容易做到，比听起来容易——然后集中精力透过望远镜观看。检查星图，确认目标在视场中的位置，然后目光稍稍从那个地方偏移：对于暗光，余光比聚焦处更敏感。然后，就像芭芭拉所说的，要有耐心。有一次在印度，我用一架观鸟望远镜盯着一丛草看了一分多钟，才发现我盯着的是一只睡着了的孟加拉虎的巨大的橘黑相间的头颅。观星也差不多这样。你不能急。

然后，突然间，它在那儿了——一根薄薄的、弯弯的、苍白的手指，颜色比星系本身的青白色星光更冷、更荒凉，从而凸显出来。多年以来我只能在照片中看到它的雄姿，能亲眼见到它，实在太精彩了。我从梯子上下来，开心地笑着。芭芭拉叫了茶歇，她的同事们离开了，去了农场的咖啡馆，她自己则留在望远镜旁，以防万一有人想过来看看M87的喷流。

20世纪50年代我刚开始观星那会儿，业余天文学经历了一场变革。彼时大家都用很弱的望远镜，比如我那种2.4英寸折射镜。一架12英寸的反射镜就已经是个大家伙，你要是有幸用那个看过东西，都可以当作故事讲一讲了。受限于那些设备可怜的聚光能力，大多数爱好者只观测比较明亮的天体，比如月球的环形山、木星的卫星、土星环，还有少量著名的星云和星团。如果他们还想探索到银河系外，看看邻近的一些星系，可能就只能看到暗弱的灰色斑点。

与此同时，专业的天文学家则可以在西海岸接触到非常大的望远镜，比如加利福尼亚南部帕洛马山上的传奇——200英寸的海尔望远镜。[23]科学家们配备了当时最先进的技术，接受了最严格的训练，最终有了收获。在帕萨迪纳附近的威尔逊山天文台，天文学家哈洛·沙普利于1918年到1919年确认太阳位于银河系的一侧，埃德温·哈勃于1929年确认星系因宇宙空间膨胀而相互分离。在帕洛马，艾伦·桑德奇测定恒星的年龄，霍尔顿·阿尔普探索“异常”星系的结构，1964年马尔滕·施密特和杰西·格林斯坦发现类星体都很远——那些年轻星系的炽热内核发出的光要用几十亿年才能抵达我们这里。像这样的科学家后来都誉满天下，被媒体称作探索深空奥秘的锐眼瞭望者。

这诚然不是虚言：他们所在的是一个黄金时代，我们这个长期沉睡的种群第一次睁开眼睛看银河系家园以外的遥远宇宙。但专业意义上的观测往往并不是一件充满乐趣的事。在寒冷黑暗的高处，乘坐观测笼，在一个巨大的玻璃照相底片上进行长时间曝光，冰冷的星星在圆顶的开口上方闪耀，星光融入底下如鳟鱼池一样大的镜子中，这一切毫无疑问非常浪漫，却也有点折磨人的神经。用大型望远镜观测就像和一个迷人的电影明星做爱：你受宠若惊，同时也知道一大堆情敌在排着队等你出丑。更别提学科领地意识、嫉妒的论文审稿人，以及永远都需要抢的望远镜使用时间，这些都不可能让专业天文学轻松无压力。就像一位年轻聪慧的宇宙学家有一次和我说的，“毁掉天文这样一个可爱的兴趣的好办法，就是让它成为职业”。

情况就这样持续了几十年。天文学家们观测遥远的巨大天体，论文发表在声名赫赫的《天体物理学报》上——学报以天体的距离排列论文，就好像是故意为之，星系在每期刊物的开头，恒星在中间，行

星则偶尔才能出现在刊物上，而且是刊登在后面。业余爱好者则在州里的集会上用三脚架架起76倍的小望远镜，给学校学生展示土星环，然后把他们自己的照片（站在后院里自制的反射望远镜旁边，面带微笑）发给《天空与望远镜》杂志——这是一份非常精美的刊物，然而没有《天体物理学报》那么有名。不可避免地会有一小部分天文学家看不起业余爱好者。克莱德·汤博发现了冥王星，向来大度的天文学家乔尔·斯特宾斯把他作为“一个业余临时助理”解雇了，还补充说，冥王星是“由业余爱好者珀西瓦尔·洛厄尔预言的”，它的确认也是“大部分由另一个业余爱好者——乔尔·H.梅特卡夫牧师制作的”望远镜完成的，所以冥王星如果是个行星，那它的发现真可谓“专业天文领域有史以来最大的笑话”。[24]当然，与业余爱好者以及技术精湛却并不在意自己身份的业余人士保持良好关系的专业天文学家不在少数。但总体上来说，业余爱好者宛如居住在山顶阴影下的山谷里。

但有趣的是，从某种程度上讲，在历史长河中的大部分时间里，天文学原本只是业余爱好者的追求。

现代天文学的基础主要是由业余天文爱好者建立的。尼古拉·哥白尼在1543年将地心说改正为日心说（这就将一个死循环的错误变成了一个开放式的错误，可以引发出新的问题），他是个博学多才的人，长于多项技能，天文只是其中之一。约翰内斯·开普勒发现行星绕日公转轨道不是圆形而是椭圆形，但他其实主要是靠占星与教书谋生，还为出版自己的书向皇家委员会请求支持。埃德蒙·哈雷（哈雷彗星以他的名字命名）一开始只是个业余爱好者——他曾花一年时间在圣赫勒拿做观测，那是南亚特兰大的小岛，140年后拿破仑·波拿巴被流放到这里，并终结于此——最终获得了皇家天文学家的称号。而业余天文爱好者约翰·贝维斯至今仍是唯一一个观测到金星掩水星的人。（这个罕见的天象是指金星从水星前穿过，它发生于1737年5月28日，下一次出现则要到2133年12月3日。）出生于1710年的詹姆斯·弗格森，从一个不识字的、试图了解星星的苏格兰牧童，成长为知名作者和皇家天文学会会员，享受乔治三世国王颁发的皇家津贴。乔治三世自己也是一个天文爱好者，为了观测1769年6月3日发生的金星凌日，他建造了一座天文台。[25]弗格森的畅销书《基于艾萨克·牛顿爵士原理的天文学》，吸引了当时还是作曲家和风琴演奏者的威廉·赫歇尔的注意。赫歇尔曾自制望远镜，并以精湛的技巧将其功能发挥到极致，是当时洞察力空前的观测者，但他的研究并没有任何报酬，直到1781年他发现了天王星。（乔治三世也以皇家津贴奖励了他；他用这笔钱制作了一台超级大的望远镜，可惜它并不好用，他还是得依靠他默默无闻时使用的小望远镜。）第一个“重新发现”哈雷彗星的——就是发现它从比天王星轨道还远的地方向太阳系内进发，一路变亮——是约翰·

乔治·帕利奇，时间为1758年。这项发现漂亮地证明了牛顿运动定律的正确，帕利奇却被皇家科学院讽刺为“一个根本没意识到自己的发现有多重要的头脑简单的农民”。[26]但其实他是一个熟练的业余科学家，他定期与赫歇尔沟通，并准确推断出大陵五其实是食双星——一对周期性从对方面前穿过[27]的双星。

19世纪的天文学是被业余爱好者统治的，他们大部分是富有的绅士，拥有私人天文台，抑或是普通的市民，其技艺为他们赢得皇家津贴或商业赞助。弗里德里希·威廉·贝塞尔中学辍学，在不来梅做小店员，却在彗星轨道研究上有所发现，并于1813年成为普鲁士的新柯尼斯堡天文台的台长。第一个发现他的能力的是海因里希·奥伯斯——一个医生，同时也是当时数一数二的彗星观测者。威廉·坦普尔发现了8颗彗星，以及与昴星团纠缠的反射星云，他之前只是个平版印刷工人，几乎没有受过教育，后来在马赛、米兰和佛罗伦萨被委以专业科学家之职。在德国德绍，药剂师海因里希·施瓦贝在17年间几乎无一日中断地观测太阳黑子，并发现了太阳黑子数量在11年周期中的增长与衰退。英国业余爱好者理查德·卡林顿发现了黑子在周期性增长时会向赤道区域靠近，他把黑子的纬度分布按时间描绘出来，创制出了黑子的“蝴蝶图”。卡林顿从他位于萨里郡雷德希尔的庄园观测太阳，他也是第一个看到太阳耀斑的人。约翰·罗伯逊是喀里多尼亚列车上负责报站的服务员，他也被这些关于太阳的新发现所感染，在当地劳工的阅览室里研读天文书籍，把存款用来买望远镜。最终他得以发表他关于彗星、流星的发现，还有太阳黑子、极光和罗盘针磁场偏差之间的联系。他也曾获得过天文台的任命，但他总是回绝掉，理由是“（铁路）公司对我很好，我希望可以忠诚地为他们服务”。[28]

在19世纪中期的爱尔兰，罗斯伯爵制作了一台72英寸的反射望远镜，用以观测星系的螺旋结构。这台望远镜被称为“帕森斯顿的利维坦”，曾是世界上最大的望远镜，直到1917年，在乔治·埃勒里·海尔——一个由业余爱好者转变成的天文学家的鼓吹下，一台100英寸的反射望远镜在威尔逊山建成。亨利·德雷伯刚完成他的医学学业，在等待行医（他那时还没成年）的时候周游英国，他看见了罗斯的望远镜，被天文深深迷住。回到纽约家中后，德雷伯接连自制了好多望远镜，还组装了一个分光镜——可以将光分解为光谱线，揭示光源的原子构成——加上相机，就制造出第一个可靠的摄谱仪。凭借这个摄谱仪，他帮助建立了现代天体物理学和恒星分类学。约瑟夫·诺曼·洛克耶是陆军部的一个文员，他自学天文，在太阳光谱中发现了氦元素。（因其在地球上尚不为人知，洛克耶以希腊语“太阳的”为其命名。）在印度还有个业余爱好者皮埃尔—朱尔—塞萨尔·让森设法观测日珥——太阳表面升起的发光等离子流。他是在1868年8月18日日全食的

前一天观测到的，这是第一次不借助日全食的时候月亮遮住大部分日光而观测到日珥。（数日之后洛克耶也观测到同一个日珥，他和让森后来都成了专业的天文学家。）洛克耶后来于1869年在英国创办了科学期刊《自然》，并确认了巨石阵和埃及大金字塔都是朝向太阳和恒星的，这个发现开辟了考古天文学的道路。同时期的沃伦·德·拉鲁是一个印刷工人，在1860年的日全食中，他用在相距400千米的不同地点拍摄的照片，证明了日珥属于太阳，而非有些人所想的从月亮中喷射而出。

哈佛天文台也是由一个天文爱好者建立的，他叫威廉·克兰奇·邦德。他和他的儿子乔治·菲利普·邦德一起发现了土卫八。威廉·拉特·道斯因其对双星的精准辨别，享有“鹰眼道斯”之誉，他是个医生，也是个离经叛道的牧师；“道斯极限”至今仍被用来作为估算望远镜理论分辨率的参考。丝绸商人威廉·哈金斯对行星状星云——不稳定恒星抛射出的气体壳——做光谱观测，并测量恒星的速度。利物浦酿酒大亨威廉·拉塞尔与他妻子玛丽亚·金相识于天文爱好者举办的星空聚会。他制作了一台24英寸的反射望远镜，并用它发现了海王星的卫星海卫一、天王星的卫星天卫一和天卫二。

即便到了20世纪，业余爱好者被迅速成长的专业天文学群体掩盖光辉，却也依旧在为天文研究做出有价值的贡献。英国作家、天文爱好者帕特里克·摩尔回忆道，第一次世界大战前，“如果你想知道木星大红斑的经度、金星灰光的状态，抑或火星上的尘暴的发展情况，你可以去找任何一个主流的业余天文协会”。[29]阿瑟·斯坦利·威廉姆斯——一个律师，绘制了木星表面云层的差异旋转，并建立了木星术语系统，该系统沿用至今。米尔顿·赫马森曾是一名瓜农，靠在威尔逊山赶骡为生，他与天文学家埃德温·哈勃合作绘制了宇宙的尺寸和膨胀率表。格罗特·雷伯在他位于伊利诺伊州惠顿的家中后院建造了第一台真正意义上的射电望远镜，并用它来绘制星空；他一度是地球上唯一的一个射电天文学家。太阳研究是由工业工程师罗伯特·麦克马思在底特律家中后花园建造的天文台里主导的，他成就惊人，国家科学院有他的一席之地。他担任专业组织——美国天文学会的主席，还帮助规划建造了亚利桑那州基特峰国家天文台，在那里，全球最大的太阳望远镜以他的名字命名，以示尊敬。

19世纪末至20世纪初，发展时断时续的专业天文学催生了形形色色的混合职业，比如舍伯恩·韦斯利·伯纳姆，他将业余天文和专业天文结合，像在河流中从一条船犹疑地踏入另一条船。伯纳姆是一个自学成才的法庭速记员，他观测光学双星并进行编目，在他人的劝说下，他花了两个月时间，用他的私人望远镜——一架6英寸的折射望

远镜——在北加利福尼亚的哈密顿山为未来的利克天文台选址工作进行测试。天文台建成后，伯纳姆降薪留任，成为天文台的高级科研人员。他为人诙谐，四处漂泊，人脉广泛，与一个叫贝内特的隐士相处得非常自在，后者路过天文台时常帮他捎几封邮件。他与美国最高法院的大法官也处得很好。最终他离开了，回到了芝加哥，依旧受雇于美国巡回法庭，做书记官，薪水是他做天文学家时的两倍。但他没有放弃观测，周末时他会坐火车去位于威斯康星州威廉斯贝的叶凯士天文台，继续研究光学双星。

为何业余爱好者能够在天文学领域扮演如此重要的角色，最终甚至掩盖专业工作者的光辉？因为天文学和其他学科一样，还很年轻——还不到400年的时间，还在继续向前——必须有人来推动它。它的鼓吹者那时还都没有相关的高级文凭，那时候根本就没有这玩意儿。所以，他们要么是其他相关领域，比如数学领域的专业人士，要么是纯粹出于热爱而从事天文研究的业余爱好者。最重要的是能力，而不是文凭：就如你想给荒地上的小木屋加高顶梁，邻居来帮忙的时候，你不会要求他们出示承包商许可证。随后而来的是这个新领域开始细分。

业余爱好者与专业科学家的区分的新鲜之处，体现在这两个名词本身的历史当中。“业余爱好者”这个词大约在1784年出现在英语中，而“科学家”这个词则是到了1840年才被创造出来，英国哲学家和数学家威廉·休厄尔说：“我们非常需要一个通常意义上的用以描绘科学耕耘者的名称。我倾向于叫他‘科学家’。”[30]然而，一旦差别出现，就如牛津的历史学家艾伦·查普曼所写的，一种“不幸的分歧”也凸显出来，“制度所资助的专家似乎应当为‘业余爱好者’建立标准”。[31]

一个有能力的业余爱好者——约翰·爱德华·梅利什体验到了这种分歧的不公。1915年夏天，他在叶凯士天文台做义务观测员。梅利什发现自己在日出前拍到了一颗彗星。哈佛天文台电报——这是播报天文新发现的标准方式——迅速发出，宣布他的发现。梅利什的这颗“彗星”后来很快被确认其实是弥漫星云NGC 2261，这让叶凯士的台长埃德温·布兰特·弗罗斯特很难堪。梅利什的贡献其实是发现了一个星云，它在亮度上有所变化。[32]但弗罗斯特不再信任业余爱好者，把梅利什从项目中移除，把他的任务指派给了一个年轻的叶凯士工作人员——一个叫埃德温·哈勃的天文学家。以他的名字命名并沿用至今的哈勃变光星云，成为哈勃发表的第一篇论文的主题，并成为他光辉事业的一个跳板。[33]

即便有着诸多打击，业余爱好者还是在20世纪80年代重新回到了舞台。一个世纪的专业研究促进了观测天文学的发展，在领域内创造

出更广阔的空间，供专业工作者发挥。同时，天文爱好者的队伍也在扩大，最优秀的业余爱好者也有能力承担起专业工作，从事创新研究。“专业工作者与业余爱好者之间永远都会有位置留给劳动者。”科学史学者约翰·兰克福德于1988年写道，但“在将来会更难将二者完全分开”。[34]同年，《天空与望远镜》杂志的编辑利夫·J.鲁滨逊表示：“业余爱好者与专业工作开始了几十年未曾见的热切对话。这真的是一股清风。”[35]

而促进了专业天文学发展的业余天文革新，是由三项创新技术带动的——多布森望远镜、CCD感光设备和互联网。[36]

多布森望远镜是一种用廉价材料组装的反射望远镜。发明者是约翰·多布森，他拥护平民主义，主张衡量望远镜价值的标准是通过它去观测的人数。1987年7月25日，在佛蒙特州靠近斯普林菲尔德的一个叫作斯特拉芬（意为“星星圣地”）的山顶观测地，多布森在一个由业余望远镜制作者组成的团体中鼓吹他的信条，获得了雷动的欢声。“对我来说，望远镜有多大，光学系统设置得多精确，或是照片拍得多美妙，都不算什么；要看在这个巨大的世界，有多少看到望远镜的机会比你少的人，能够有机会通过你的望远镜去了解这个宇宙。这才是驱使我的动力所在！”

多布森在旧金山以其宽厚、热情的性格为人所知，他会在路边架好一架靠电池驱动的望远镜，召唤路人“来看看土星！”或是“来看看月亮！”，然后在他们盯着目镜看的时候，在他们耳边悄声说一些天文学的知识。他的职位有非正式的津贴，他自己则是一个扎马尾、总是滔滔不绝的老年嬉皮士形象，随身带着一架俗丽的望远镜，镜身磕磕碰碰，像被一辆卡车拖行过。然而了解天文的人开始意识到，他的望远镜就是科技革新的卡宾枪。多布森望远镜采用的是和艾萨克·牛顿1680年为了研究大彗星所设计的望远镜一样的简单构造——一个镜筒，底部装有用来聚光的凹面镜，小而平的副镜在靠近顶部的地方，用以将光线反射到一侧的目镜中去——但它们是用价格低廉的材料做成的，用一架小型牛顿反射镜的价格，你可以自己做一架或者买一架大的多布森望远镜了。然而你没法从约翰·多布森那里买到多布森望远镜，他拒绝用他的创新发明牟利。安贫是他的习惯，也是他创造力的来源。

多布森出生于中国，他的外祖父是北京大学的创办人之一，他的父亲教授动物学。多布森自己在伯克利学习化学，并于1944年成为信奉罗摩克里希纳的吠檀多社的一名僧人，居住在旧金山和萨克拉门托。

多布森幼年时期就痴迷天文，他开始自己制作望远镜，但他安贫的誓言决定了他必须想办法用比前人更廉价的方式进行制作。业余望远镜制作者需要面对的最昂贵的花费之一是买一块“白胚”，那是一块精密的光学玻璃，他们需要将其打磨成合适的形状。多布森买不起合适的白胚，于是他去捡拾废弃的船舶舷窗和水罐底，然后打磨它们，将其作为替代品。为了做镜筒，他搜集了建筑工地上用来往里浇灌水泥的层压纸套管。

好的望远镜装置也价格不菲，所以多布森用胶合板碎片裁出一只盒子，用一切圆滑的东西——聚氯乙烯管、特氟龙碎片，或是废弃的黑胶唱片——把它填充起来，然后把镜筒塞在盒子里，这样就造出了一架只需要轻轻一推就可以指向天空任何方位的望远镜。

有了装备之后，多布森开始在晚上“越狱”——这是僧人们的说法——调试他的望远镜，给人们看星星。他遇到看起来对天文格外有热情的年轻人，就直接把望远镜送给那孩子，然后自己再重新做一架。太多次“越狱”对于需要在夜晚入定的僧侣来说是不妥当的，所以多布森最终被逐出了寺院。（他的第一架望远镜据说在寺院官员的命令下被抛进了旧金山湾，不然可能就被史密森学会收藏了。）此后的大部分时间里，多布森都在西部到处旅游，开着房车或是锈迹斑斑的大篷车，里面塞满了望远镜，他把它们放在街角和国家公园，吸引了成排的新手来看。公园巡查人员不许他这么做，说：“天空不是公园的一部分。”多布森回答道：“对，但公园是天空的一部分。”[37]在约翰·多布森之前，可能没有人像他这样凭一己之力吸引这么多的人来观星。

多布森望远镜的光学系统可能很粗糙，大多不能展现业余爱好者所喜爱的火星和木星的锐利图像——但它们为普通观星者拥有自己的大望远镜提供了可能。拥有多布森望远镜的观测者不必满足于看行星和邻近的星云：他们可以探索数以千计的星系，深入曾经只留给专业工作者的深空范围。很快，业余爱好者云集的星空聚会上就布满了多布森望远镜，它们有20英尺，甚至更高，指向夜空。英国天文爱好者帕特里克·摩尔描述“帕森斯顿的利维坦”时说：“据说使用大反射镜的人不仅是个爱好者，还是个有经验的攀登者。”[38]现在，感谢多布森，罗斯伯爵的时代又回来了，业余观测者最大的身体上的危险，就是在摇晃的高梯上用大多布森望远镜观测的时候可能会摔下来。我遇到过一个观星者，他的多布森望远镜非常高，他站在15英尺高的梯子上才能够到目镜，要用一架双筒望远镜才能看到底下笔记本电脑上显示的实时图像。他说白天爬梯子爬得心惊胆战，但是到晚上观测的时候就忘记有多危险了。“我看过的星系里有三分之一都还没编目呢。”他若有所思地说。

同时，CCD也出现了。CCD即“电荷耦合器件”，是一个感光芯片，可以比照相感光乳剂更快地记录微弱的星光，因而很快地替代了后者。[39]刚开始CCD很贵，但价格降得也快：老式的CCD一度比貂皮大衣还贵，而如今我们在天文台用CCD，就像用咖啡杯托盘一样平常。爱好者发现，把CCD用于大多布森望远镜上，得到的聚光能力堪比前CCD时代帕洛马的200英寸海尔望远镜。

并非CCD的感光度本身拉近了业余爱好者和专业工作者之间的距离——专业工作者也会用CCD——而是业余爱好者手中日益增多的CCD令地球上有能力探测到深空的望远镜数量剧增。这个星球上好像突然多了数千只新的眼睛，这就能比仅依靠专业工作者监测到更多天文现象。此外，CCD芯片上每个感光点（或称“像素”）都可以在展现捕捉到的图像的电脑上表达出单独的值，观星者可拥有一份数字化的记录，用以测光，做变星亮度变化的测定。

这就又要说到互联网。爱好者发现一颗彗星或爆发的新星，一度需要给哈佛天文台发电报，由那里的专业工作者检查确认，然后给全世界天文台的付费订阅者发送明信片。互联网开启了另一条道路。现在一个爱好者如果有了新发现——或是觉得他有了新发现——只需在几分钟内把CCD图像传给世界上任何地方的其他观测者。任何感兴趣的人，无论是后院天文爱好者，还是山上圆顶屋内的专业工作者，都可以看到。全球研究网络也开始萌芽，将对耀星、彗星或是小行星有共同兴趣的业余爱好者和专业工作者连接起来。专业工作者通过业余爱好者获得信息，有时能够比等待官方渠道更快地了解天上的新发展，因而能够更快地研究它们。如果说增长的望远镜数量给了地球新的眼睛，那么互联网的使用就是一套视觉神经系统，信息在网络中奔涌（夹杂着大量的金融数据、亿万字节的绯闻八卦，以及丰富的色情文学），还有土星上风暴肆虐和恒星在遥远星系中爆发的照片。

几十年来，专业天文学家都愈发依赖电脑处理的数据，譬如说，它可以立即生成一份在给定夜晚经过给定天文台天顶10度范围内的、面朝我们的旋涡星系清单，还能按亮度排序。必需的软件、电脑的处理能力，还有硬盘的存储能力，都所费不赀，而一旦专业工作者将它们上传到网络，业余爱好者也就能够无偿使用它们了。而且，自从大部分专业望远镜都可以用电脑控制之后，网络连接让业余爱好者和专业工作者都能够远程操纵望远镜进行自动观测。

业余爱好者中的新星也在闪现，他们技术精湛，设备精良，致力于做观测宇宙学家艾伦·桑德奇口中的“绝对严肃的天文工作”

。[40]有些人记录木星和火星上的天气，制作出在质量上可与专

业工作者比肩的行星图像，在记录长时间尺度的行星现象上，甚至能够超越他们。还有些人监测变星，用以确定星团和星系的距离。业余爱好者还能发现彗星和小行星，源源不断地为鉴别天体做出贡献，这些天体有可能在将来某一天与地球相撞，只要发现得足够早，我们就有可能使它们偏转，防止灾难发生。业余射电天文爱好者记录下星系冲撞时的呼声，记载日间流星落下时的电离余迹，寻找外星文明的信号。

业余爱好者所能接触到的也有局限。业余爱好者在科学文献方面所受的指导不足，有时候他们拿到精确的数据，却不知其所以然。有些人通过与专业工作者合作来弥补他们专业上的不足，有时候会抱怨他们投入精力做了大部分工作，大部分功劳却归于他们更加有名望的合作伙伴。还有些人则将热情燃烧殆尽，他们深陷于自己的爱好，消耗了时间、金钱和热情，最终退出。

但还是有许多业余爱好者享受合作的收获，而这让他们更靠近星辰大海。如果情况超乎控制，他们就用“爱情超越婚姻”的比喻来安慰自己。公元前2世纪，泰伦斯说，凡事都有度，但正如威廉·布莱克所标注的那样，“欲知何者为足够，必须先知何者为过度”。[41]

你能看到多少？拜访斯蒂芬·詹姆斯·奥马拉

在佛罗里达西夏地礁岛沙滩举办的冬季星空聚会上，我认识了斯蒂芬·詹姆斯·奥马拉。我入夜才到，在大门口问候这次星空聚会的组织者蒂皮·道里亚。蒂皮性格无拘无束，13岁辍学离家，做包租船的船长，承办月夜钓海鲢的探险，在海军的一艘攻击潜艇上服役，还玩赛车，最后在迈阿密安定下来，做了一个电力工程师。他和他的太太帕特里夏受邀观星，和很多人一样，他们第一次看到的是土星环。他们在那晚买了一架小望远镜，后来又买了一架大的，一直用到现在。蒂皮引导我穿过成堆的指向天空的望远镜——用硬纸板、胶合板、铝、钢做的稀奇古怪的自制仪器，甚至有上了好看的清漆的樱桃木；一对牛顿反射镜共用一个装置，于是它们的目镜组成了一对巨大的双筒；光滑的折射镜上面装配着相机和CCD相机——老旧的贝都因风格帐篷式便携天文台在白色沙滩上隐约可见，周围围了一圈铝制躺椅，蒂皮和几个前辈就聚在那里。他让给我一把椅子，这之后的其他夜晚，无论我离开多久，周围站了多少人，那把椅子永远空着留给我。

“斯蒂芬在那里，在用我的望远镜画木星呢。”蒂皮说着，朝一个正站在梯子上，对着指向西南天区的大牛顿反射望远镜看的年轻人的轮廓点点头。我舒服地躺在躺椅上，听着前辈们聊天——混合着对天文的专业意见和谦逊的智慧，毫不浮夸——同时也看奥马拉作画。他透过目镜仔细观看，然后朝下看看自己的速写本，再画一两笔，然后又回去看目镜。这是好几代之前的天文工作者才会去做的一种工作，那时候观测就是花一整夜去画一颗行星的图。

奥马拉喜欢将自己描述成“生在20世纪的一个19世纪的观测者”，在与他的会面中，我试图更多地去了解这类人是如何用这种过时的方法，在看望远镜时依赖自己的眼睛，而不是相机或CCD，却能够在他的时代获得最震撼人心的观测成绩。奥马拉十几岁的时候发现了土星环的放射状“辐条”，并把它们画了下来，专业天文学家却把它当成错觉——直到“旅行者号”到达土星，确认了那些辐条是真的。他确认了天王星的自转速率，获得了一个与拥有大型望远镜和精密探测器的专业天文学家迥异的数值，最终也证明他是对的。他是1985年哈雷彗星回归时第一个看到它的人，在海拔14000英尺高的地方，他吸着瓶装氧气，用一架24英

寸的望远镜看到了它。

时间慢慢流逝，奥马拉依旧在画。有人大声说，现在可以看到哈勃空间望远镜在轨道上运行到头顶，数百个身影开始追寻那个横跨银河，最终消失在地球阴影中的影子的路径——一台巨大遥远的望远镜航行在只手掌握的小望远镜之上。黑暗中我能听见“疯狂鲍勃”萨默菲尔德正大声鼓励着一群用他的巨大的36英寸多布森望远镜看猎户星云的人。“这是世界上最大的便携式天文台，专用于公共科普，”他大声说道，“我们带着这台望远镜走过几十万英里，将近25万人用它看过星空。一旦你踏上这架梯子，这就是你的望远镜。你想看多久都可以。那些排队等候并抱怨你的人只是嫉妒你。轮到他们的时候，他们也会花这么长时间的。”他听起来像在嘉年华里招徕顾客的人，只不过在星空聚会上看望远镜是不要钱的。

过了近一个小时，奥马拉从梯子上下来，把他的画作为礼物送给了蒂皮，蒂皮向他介绍了我们。奥马拉双眼清澈，身材匀称，面容英俊，有着黑色头发、修剪得干干净净的胡须，以及爽朗的笑容。他穿着白色衬衫和黑色萝卜裤，这装扮在英国军舰的甲板上也绝不过分。我们走到亮着红灯的餐厅去，边喝咖啡边聊天。

斯蒂芬告诉我，他在剑桥和马萨诸塞长大，家里是捕龙虾的，他有关童年的第一个记忆就是坐在母亲膝上，看1960年的那次血红色月全食。“从一开始我就与星空有种联系。”他6岁的时候自制了一张球体投影图——橄榄形的平面天球——是用玉米片盒子背面做的，他用它学习认识星座。“左邻右舍最厉害的小孩也会问我关于星空的问题，”

他回忆道，“我见到他们躲在街角偷偷抽烟，然后他们叫我过去，不是要打我，而是问我：‘嘿，那是哪颗星？’星空在他们中间投下惊叹。我相信城里的孩子如果有机会见到真正的夜空，他们会相信有些东西比他们自身更宏大——不可触摸，不可控制，不可毁灭。”

奥马拉在14岁的时候被带去参加了一场哈佛天文台的公众之夜活动，他在一架古老的9英寸克拉克折射镜前面排队等待。“好久都没有动静，”他回忆道，“队伍停滞了，最终人们沮丧地散开了。我记得接下来我就已经站在圆顶下了。我能听见嗡嗡的声音，看见望远镜正指向头顶的星星，一个可怜的家伙正在目镜前面找啊找，满头大汗。我注意到他可能是在找仙女星系。我问

他：‘你在找什么？’

“‘一个很远的星系。’

“我等了几分钟，然后问：‘是仙女座吗？’他沉默片刻，最终答道：‘是的，但是很难找到，非常复杂。’

“‘我可以试试吗？’

“‘哦，不行，这个设备很精密的。’

“我说：‘你看，我后面没人了。我两分钟内就可以帮你找到。’我把仙女星系弄进了望远镜视场，他说：‘好，去把其他人叫回来吧，你也别走。’其他人也都通过望远镜看到了仙女星系，他们走了之后，他说：‘把你知道的都告诉我吧。’他只是个研究生，和很多天文专业研究生一样，他并不是很了解星空。我给他看星空各处，带他熟悉梅西叶星系之类的东西。我们待到黎明才下来。第二天一早他带我去了事务办公室，他们给了我一把钥匙，并且说，如果开放日我能过来帮忙，作为回报，我可以在任何时候使用望远镜。所以现在我是一个拥有哈佛天文台钥匙的14岁孩子！”

此后数年，天文台成了奥马拉的第二个家。毕业后，他下午在剑桥的药房上班，然后夜晚就在望远镜那里度过，耐心地为彗星和行星作画。“为什么要在望远镜前画画？因为胶片和CCD并不能捕捉到你用眼睛看到的要素。”他说：“每个人看世界的视角都是不同的，我试图捕捉到我所看见的，然后鼓励别人去看，去学习，去发展并理解，去建立与星空的联系。任何一个想成为真正伟大的观测者的人都应该从行星开始，因为这可以让你学会耐心。只要时间足够，你就常有惊人的发现。这是观测中最重要、最关键的要素——时间、时间、时间——当然收获未必完全等于付出。”

20世纪70年代中期，奥马拉在哈佛行星科学家弗雷德·富兰克林的邀请下研究了土星环。他开始观察土星其中一个环上的辐条状放射纹。他把辐条纹画在了土星图里，每天早晨塞进富兰克林办公室的门缝。富兰克林给奥马拉推荐了天文台图书馆里阿瑟·亚历山大的《土星》。在那里，奥马拉发现19世纪的观测家欧仁·安东尼亚迪也曾在另一条环上看见类似的辐条纹。但天文圈内的人却都觉得那是幻象，因为土星环不同的自转速率——这些土星环由几十亿的冰与碎石颗粒组成，每一粒都是一颗小卫星，内侧

的环比外侧的环转得快——会把一切类似的特征甩掉。奥马拉向月球与行星观测者协会（ALPO，一个业余爱好者组织）递交了一篇关于辐条纹的论文，但他们不愿意发表。奥马拉毫不气馁，继续研究这些辐条纹，又研究了4年，确认它们的旋转周期是10小时——这也是这颗行星的自转周期，而不是土星环的。ALPO还是不愿意发表这些成果。“老实说，在这场冒险中愿意支持我的人，我一个也没找到。”奥马拉回忆道。

然后，到了1979年，“旅行者1号”宇宙飞船靠近土星，拍下了有辐条纹的照片。“最终我被证明是正确的，这种情感不可抑制，”奥马拉说，“我觉得自己就像威廉·赫歇尔：他看到的和毕生都在好奇的东西最终被证实。”这些辐条纹现在被认为是由尘埃颗粒组成，静电悬浮在土星磁场中，这就解释了为什么它们的旋转与土星而不是土星环的颗粒同步，而这正是奥马拉观测到，天文学家却不接受，认为在物理上不可能的。

我问斯蒂芬是如何确认天王星的自转周期的。这在很长一段时间内都是未知的事物，因为天王星太远了——它与地球的距离从来没有小于16亿英里——还覆盖着几乎无任何特征的云。他告诉我说，布拉德福德·史密斯——那个领导“旅行者号”影像团队的天文学家“有一天打电话给我说：‘好吧，千里眼，“旅行者号”再过几年就要到天王星了，我打算先得到天王星的自转周期。你觉得你能靠目视做到吗？’我说：‘这个，我试试。’”奥马拉先是研读了天王星观测的历史，然后从1980年6月开始反反复复地观察这颗行星。他一开始一无所获，直到1981年的一个夜晚，“两片亮得惊人的云出现了。它们随时间变化翩翩起舞，我追寻着它们，通过这些观测和一些别的帮助，我确认了极点的位置，为这颗行星建立了模型，获得了每片云的自转周期——平均约为16.4小时”。这个数字刺目得令人不安。布拉德福德·史密斯用智利托洛洛山天文台的一台大型望远镜观测，得出的自转周期是24小时；一支由得克萨斯大学的专业天文学家组成的队伍，用CCD影像得到的结果也是24小时。

为了测试奥马拉的视力，哈佛的天文学家把图画放在校园对面的一座建筑上，让他用自己十几岁时用的9英寸望远镜观察它们。一般人几乎看不见那些图画，而奥马拉精确地重绘了它们。天文学家在惊叹之余，担保了他对天王星所做的工作，他的成果被国际天文学联合会——一个专业组织发表。“旅行者号”抵达天王星后，确认了在奥马拉看到的云的纬度上，行星自转周期与他的值只有十分之一小时的差别。[42]

哈雷彗星的最近一次回归，让奥马拉的目视观测成了一场怀疑论的挑战。有一天中午在剑桥，他正和两个天文学家讨论这颗即将到来的暗弱彗星——它已经在帕洛马被长曝光CCD记录下来，但还是太暗太弱，用世界上最大的望远镜也没法目视到——是如何在业余爱好者中吸引这么大范围的注意。他们想知道，当哈雷亮到接近目视观测极限的时候，他们如何评估那些宣称自己第一个看到它的报告？那时候，人们通过望远镜目视到的最暗弱的彗星，亮度大概是11等。（天体越暗，表示天文亮度的数值越高。一颗11等的天体比裸眼可见的最暗弱的星星还要暗100倍。）奥马拉依据经验知道，凭借自己的“鹰眼”，通过一台大望远镜，在天气足够好、夜晚足够暗的情况下，他是能够看到17等的星星的。哈雷越来越接近太阳，变得“炙手可热”，有望在1月达到这个亮度。奥马拉推断，如果自己在距离他夏威夷的家不远的冒纳凯阿火山上，用24英寸行星巡天望远镜，就有可能看到这颗彗星。如果不能，当其他观测者宣称自己可以这么快用更小的望远镜，在更低的海拔看到哈雷时，天文学家就可以对其可信度打个折扣了。

夏威夷大学的天文学家一开始拒绝了奥马拉的请求，理由是他不可能做到。不过后来他们的态度软化了，奥马拉得以用望远镜做一次尝试，三个专业天文学家——戴尔·克鲁克香克、杰伊·帕萨科夫和克拉克·查普曼——会同时用一台88英寸望远镜在同样的高度拍下哈雷的电子影像。这样的话，一旦奥马拉宣称他目视到了哈雷彗星，就可以用大望远镜上的CCD相机拍到的彗星的位置做比对验证。

很少有天文工作者，无论是业余的还是专业的，尝试过在海拔高度为14000英尺的冒纳凯阿火山上认真地进行目视观测，在那里，缺氧会使意识模糊，减弱眼睛观察暗弱物体的能力。1月寒冷澄澈的夜晚，在望远镜旁边，奥马拉在看目镜之前吸着瓶装氧气，但只要一摘下面罩他就陷入昏沉，以至于忘了把时间调整为当地时间。“我把世界时调到了波士顿时间，而不是夏威夷时间——这是6个小时的误差，”他回忆道，“在这6小时之内，彗星有明显的移动。那是个非常灿烂的星夜，我看着星图，用星桥法很快就找到了那片区域。我花了2个小时竭尽全力去找那颗彗星，但一无所获。我不断在我能看到但是星图上没有的星星的位置上标记X，然后等着看它们当中哪个移动了，但一个也没有。最终我走到88英寸望远镜的圆顶下，给戴尔·克鲁克香克看我的星表。他说：‘你看到的是帕洛马望远镜的极限了，但是你看错地方了。我们觉得你应该回去再尝试一下。’”

奥马拉用修正过时间的星表找到了哈雷。“它甚至不是我见过的最暗弱的，”他回忆道，“当CCD还什么都拍不出的时候，我甚至能分辨出围绕在它周围的彗发。但我告诉他们的时候，没人相信我。这真是毁灭性的打击。我在精神上和身体上都受到重创。”

后来因为风力渐强，山顶上的圆顶都得关闭，但天文学家给了奥马拉特权，允许他重开圆顶，继续观测。“他可以回去，”其中一个人说，“这可是历史啊。”奥马拉重新找到彗星的位置，试图给查普曼和帕萨科夫看，但两人都看不见。所以，为了验证他的说法，当晚及第二晚，他们给奥马拉一个随机的视场，让他画出星星，然后和他没看过的帕洛马拍的图像做比对。这些测试他都通过了，说明他确实能比有历史记录的任何一个目视观测者看到更暗弱的天体。“而且，”奥马拉告诉我，“那些CCD图像经过降噪和处理之后，你猜怎么着？这颗彗星的确是有彗发的。”

我们喝完咖啡，准备回到黑暗中去了。“我一直是个严格意义上的目视观测者，用一只眼睛搜寻天空，寻找那里的新东西，”斯蒂芬说，“我想在方法上，我和19世纪用望远镜看的人没什么区别——带着好奇心。如果一个东西看上去很有趣，需要仔细看，我就去看。当我观测的时候，我一直在挑战传统。很多被认为是事实的东西其实并不是事实，而科学的意义所在，就是去伪存真。

“我们都是看星星的人，从某种意义上而言，我们本来就是由恒星物质创造的，它存在于我们的基因中，所以也可以说我们天生对星星好奇。它们代表了一种终极的力量，一种我们在物理上无法掌握的东西。当人们问‘上帝啊，为什么？’的时候，他们并不会向下看土地，而是向上看天空。”

第五章

专业工作者

新手心中有多种可能性，行家心中却几乎没有。

——铃木俊隆

我们方法有限，所知甚少，而宇宙又充满玄妙。

——天文学家杰西·格林斯坦

黎明正慢慢接近1980年智利的拉斯坎帕纳斯天文台。我一整夜都在一台2.5米的杜邦望远镜的控制室里，和一个满脸不快、胡子拉碴的天文学家在一起，他对我们环境的理解可以向外太空延伸1亿光年。他知道我们和我们的邻近星系在庞大的邻近星系群、星系团和超星系团中所处的位置，以及在宇宙膨胀过程中，空间的膨胀对抗数以万亿计的恒星之间的互相吸引力时，它们是如何运动的。他如此熟悉这一切，就如你我在夜晚摸到浴室灯开关一般。屋外，群山——有如金属一般，仿佛扔一颗石头就能发出“叮”的声响，仿佛地震来时都能听见——沐浴在温柔的星辉下，但我们什么都看不见。我们待在温暖明亮的控制室里，我们的工作就是按按钮，保证导引星始终在电脑显示器上十字准线的中心，用一个连着一台望远镜的巨大方形玻璃摄影底板拍摄星系的图像，那台望远镜我们整晚也没见到。

现在我一直等待的时刻到来了。我们就快接近天文晨光了——再来一次曝光肯定来不及，我们怕变亮的天空会在我们结束曝光之前让整个底板模糊掉，但黑暗的环境还够目视观测。我从抽屉里取出一枚沉重的铜质目镜——一件积满灰尘的旧物，年代很早，和啤酒罐一样大——它带领我进入圆顶外漆黑的世界。在那里，在圆顶的开口处，可以看到云雾般的星星映出巨大望远镜的剪影。我在黑暗中摸索，它摆荡到大麦哲伦星云，那是一个邻近的星系。圆顶随之转动，银河横贯圆顶的开口，像从一架倾斜的直升机舱门内看外面的一条河流。然后，随着齿轮的声音缓缓降低，一切都停止了。我插入目镜，准备做一件很少在现代专业天文学领域听说的事：我准备真正通过一台大型望远镜去目视。

我聚焦在一个有很多星星的视场，能看见视场左边闯入一小片灰

色的薄雾——那是蜘蛛星云的外围，是星云中一个巨大的恒星诞生区。我按下铁质控制盒上的一个按钮，望远镜滑向这个星云的中央。我看到这幅景象时吸了一口气：砖红色的暗礁和珍珠灰色的气体云飘荡着，像梦境宫殿中的帷幔。我越往中间看，星云物质越亮，在那里，大片气体纠缠着剑鱼座30[43]星团里的恒星。这光在星系间旅行了18万年，在这期间一直发散，但还是亮得足以让我瞥见。我往后退了退，发现自己凝视着的是一束从目镜中流泻出的光，像一道手电光。我抬头看见它在圆顶内部投射出星云的模糊的圆形图像。

观测助手清脆的声音从对讲机里传来。“蒂姆，你在下面还好吗？”我想说什么，却说不出来。

由于空前大的望远镜的出现，专业天文学在这一个多世纪里得到推进，但大型望远镜有它们的局限性。最典型的就是它们一次只能看到天区很小的一部分图像：相同条件下，大孔径意味着长焦距，也意味着有限的视场。它们也非常耗时，因为通常它们被用来尽可能往更“深”处探索，需花费很长的时间曝光，记录下能捕捉到的最暗的天体及其特征；大型望远镜有时候一个晚上甚至没法拍摄几张照片。尽管世界上目前已有比以前任何时候都多的大孔径山顶望远镜，但与业余爱好者手中数以千计的小型设备相比，数量还比较少。所以专业工作者——尽管不是他们自己的错——往往忽略了很多天空中发生的事。他们不能很好地在一年内用5米的望远镜瞄准月球暗面，以记录下流星体的撞击，或在数月内指向几颗变星，直到最后记录下“光变曲线”，展现它们的亮度随时间发生的变化。

而业余爱好者可以自由观测他们喜欢的东西。对很多人来说，这无非就是呆呆地看着宝盒星团，或试图拍几张三叶星云的可爱照片。但对有些人来说，这意味着对科学的真正贡献，意味着得到专业工作者的关注。反过来，天文爱好者通常会对专业工作者的技术专长表达感激，否则很多人一开始就很难开展有意义的观测，或者至少会降低他们数据的竞争力而导致其难以发表。结果便是业余与专业合作的繁荣。

我在纽约罗切斯特参加美国天文学会的活动，空旷的会议大厅被一排排汇报成果的海报占据。一些业余爱好者站在自己的海报旁边，等待被提问，像舞会上的壁花一样郁郁寡欢。（作为一个年轻的博士后站在海报旁边，和作为一个年长的业余爱好者痛苦地意识到自己的无知暴露于“真正”科学家面前的危险，感觉完全不同。）我和道格·韦斯特交谈起来，他是一名航空工程师，他的海报是关于他与威奇托州立大学的职业天文学家戴维·亚历山大合作的一个项目，题目是“晚型星研究”。（“晚型星”是指比太阳温度低的恒星。）韦斯特与专业工作

者和研究生一起工作，努力研究这些恒星，试图深入理解它们的化学构成，以及当亮度改变时，它们的气体如何变化。他用的是一架现成的8英寸望远镜，每天晚上把它安装在他的后院。

“你也许会想，他们有数千流量标定的晚型星光谱放在那里，但事实并非如此。”韦斯特说。（我恰到好处地点点头，没有主动说自己从来没考虑过或者有能力去拍摄一个流量标定光谱——它是一颗恒星的化学签名，并修正了其经过地球大气时受到的吸收效应——那就像为一架巨大的钢琴调音。）“我已经修正了好几颗恒星的光谱了，都是文献里根本没有的。我不可能整夜不睡觉——我白天还有工作和别的事——所以我练得炉火纯青。把我的望远镜拖到院子里，对好极轴，采集数据，只需要20分钟。

“天文学是时间的黑洞，”他补充道，“你可能会把一生都投进去。所以为什么要这么做？我不知道。在二年级的时候，我就告诉我爸，以后我想做个天文学家。这也不是件坏事。它让我没法去酒吧。”

另一幅海报汇报的是后院天体物理中心的发现。后院天体物理中心是由哥伦比亚大学的天文学家约瑟夫·帕特森领导的，他主要研究激变变星。关于激变变星，帕特森在发表于《天空与望远镜》的一篇文章里的解释是：

> 彼此接近的双星系统，其中一个相对正常，质量较小，缓缓地将气体流注入一颗白矮星。气体流在惯性作用力下围绕白矮星运行，形成一个吸积盘，缓缓旋转进入白矮星表面，释放出引力能。你也许会感到惊讶，我们其实并不能直接见到白矮星或其伴星。这个系统发出的光通常都被炽热明亮的吸积盘掩盖了……气体传输速率、吸积盘结构或吸积模式的微小变化，都会在它们身上显示为系统亮度的微小且快速的波动。[44]

最具戏剧性的波动莫过于气体倾入白矮星表面，密度达到一定程度时，引发一次热核爆，导致系统突然爆燃。专业工作者没有多少使用望远镜的时间来等待这种不可预测的激变，所以帕特森组织业余爱好者来监测它们。

他发现召集业余爱好者来进行这种重复性的观测并非易事。“针对一颗恒星进行5000次连续测量，对此表示兴奋的只有一个非同寻常的人，”他承认，“这需要对观星和对科学的持久的爱。”[45]但他最终还是聚集起一个由大约三四十座业余天文台组成的全球网络，位置从莫斯科、曼哈顿到澳大利亚的阿德莱德，还有南非的布隆方丹、丹麦的颂德夫和意大利的切卡诺。

这样的网络能够实现对夜空的持续观测：借用形容不列颠帝国的老话，这是日不“升”的全球观测组。在通过这种监测获得的一次重要发现中，帕特森和他的业余合作者确定了激变变星半人马座V803的基本光变周期为23小时。天文学家曾研究半人马座V803几十年，都没能发现它的基本亮度周期，因为在南极之外，没有一个观测者能够在星星升起或太阳落下之前连续监测它23小时。然而这个网络可以牢牢盯着半人马座V803并发现该周期。这个团队还发现了帕特森所说的“诡异又美丽的氦星——猎犬AM”的公转周期，这个结果确认了1993年的时候关于这个奇特双星系统结构的理论。

大会充斥着最近由业余爱好者达成的其他成就的新闻。一队初高中生被邀请参加图森的一个暑期实践活动，他们用基特峰的一台望远镜确认了靠近M31星系的73颗新星。（新星是指突然爆发的恒星，其亮度增长百倍甚至百万倍。）沃伦·奥法特是新墨西哥州克劳德克罗夫特的一名业余爱好者，他对矮新星蛇夫座V2051做了2500次观测。南非开普敦大学的索尼娅·弗里尔曼通过研究奥法特的数据，得以确认蛇夫座V2051的距离，以及其吸积盘的倾角和旋转特性，吸积盘就是恒星附近围绕着的一团旋转着卷入恒星的物质。

在纽约州的布法罗，四个布法罗天文协会的成员获得了一个γ射线暴源的光学闪图像，仅比卫星侦测到γ射线暴源晚了34小时。γ射线暴源是很神秘的现象，它的发生完全不可预料，覆满天空又很快消退。这些迅速变暗的爆发事件只有不到百分之一能被光学图像观测捕捉到。布法罗的业余爱好者用一架12英寸的望远镜捕捉到了这次的图像。只有很少的专业工作者，在依赖哈勃空间望远镜和夏威夷的大型凯克望远镜的前提下，才能设法做到这一点。他们确认，这个天体位于可观测宇宙半径五分之四的位置上，是迄今被爱好者捕捉到的最远的暴源。

在楼下昏暗的、没有窗户的会议大厅里，来自亚利桑那州凤凰城的天文爱好者吉恩·汉森正在汇报他对变星双子座U的监测。双子座U的昵称是Gem U，这是一个由一颗红矮星和一颗白矮星组成的相接食双星系统，它们靠得非常近，沿着一个平面围绕彼此共同的中心旋转，该平面恰好与地球相切。白矮星从红矮星表面吸取气体，形成一个蓝白色吸积盘，而且它会周期性地被红矮星掩食。产生的光变曲线非常复杂，由有节奏的食和白矮星偷去的气体达到一定质量并爆发而产生的不可预测的喷发组成。汉森每晚仔细检查100颗以上的恒星，用他极具经验的双眼找出当中行为异常的某一个。

1997年11月的一个夜晚，汉森发现双子座U突然变亮了，它平时的亮度为14等，食期间亮度为15等。他给全世界业余观测者发了一封

邮件，向他们发出预警——双子座U要爆发了。他还联系了专业天文学家珍妮特·马泰，后者通知NASA官方，建议他们中止昂贵的卫星的计划观测，比如EUVE（极紫外探测器）和RXTE（罗西X射线时变探测器）的观测，把它们的注意力都放在一个引人注目的相接双星上。与此同时，太阳在凤凰城升起，数小时过去了，汉森和马泰都没有从地球暗面的观测者那里得到任何消息。时间的流逝让马泰越来越紧张。如果她联系NASA的依据仅仅是一个天文爱好者的判断——他自己都只是目视，连CCD图像都没有，就宣称“那颗星星要爆发了”——那么她就要冒“狼来了”的风险。如果她保持沉默，而汉森被证明是正确的，科学家就浪费了一次捕捉到双子座U发生变化的好时机。她最终决定相信汉森的眼睛。她联系了NASA，昂贵的卫星转向了双子座U。

凤凰城里，焦虑的汉森在薄暮中满头大汗，然后用望远镜瞄准树丛缝隙中的双子座U。他欣慰地看见它确实在爆发，亮度一路飙到9.7等。多亏他的努力，NASA卫星才能捕捉到有价值的数据，否则就要错过了。汉森后来了解到，他的地面观测伙伴之所以没有声音，是因为他们那里整晚有云。“结果我是当晚整个世界上唯一头顶有云洞的人。”他沉思道。

作为美国变星观测者协会（又叫AAVSO）的主任，珍妮特·马泰整理了超过3万颗变星的观测记录，它们大多数是由天文爱好者完成的；她还协调了几百个观测计划，其中包括专业工作者和业余爱好者合作的项目。这些数据为几千个研究项目提供了养分，并被用于23个卫星项目的开展。一个有名的例子是欧洲太空总署的依巴谷卫星，它在一年内不同的时间精准测量恒星的位置，然后用视差法获得它们的距离，也就是记录下由于地球公转时自身位置移动导致的邻近恒星相对于远距离恒星的位置移动。通过导入依巴谷数据和业余观测者对数千变星的监测数据，科学家得以让电脑区分已知的变星和卫星探测器发现的新星。

马泰告诉大会，天文学家用AAVSO的记录和哈勃空间望远镜研究刍藁增二——一颗脉动红巨星，一颗白矮星围绕它运行，亮度周期最小的时候接近332天。他们发现一个尾巴形状的结构从红巨星延伸出来，到达白矮星，这也许是有史以来第一幅关于相接双星系统物质交换的直接图像。她补充道，业余观测者对矮新星天鹅座SS型星的爆发的观测，提醒了NASA调配两个卫星瞄准这颗奇怪的恒星，得到的结果有助于天文学家了解它复杂的结构。

为表感激，NASA把EUVE卫星3天的观测时间分配给了天文爱好者，让他们自由使用它。

这对业余爱好者来说，当然是荣幸，但被允许使用重要望远镜和卫星的观测时间的爱好者可能要掌心出汗了，他们所面临的挑战就如同一个业余赛车手突然发现自己的手放在F1赛车上。有一个短期项目是为提出具有潜在专业用途的研究计划的业余爱好者设计的，在这个项目中，石油化学家和兼职天文教师威廉·亚历山大得到了使用哈勃空间望远镜的授权。[46]“我是那种很懒的业余爱好者，”亚历山大说，“我不太喜欢经常把我的望远镜拖到后院去。所以1993年哈勃空间望远镜业余观测计划一宣布，我就试图想出一些有用的东西来做这个。我选定星际介质中氘—氢的比例来进行研究。利用哈勃望远镜，我就可以利用起紫外线波段，它们只在太空里才有。”

亚历山大的项目通过审核后，他被邀请到马里兰州巴尔的摩的空间望远镜研究所——他很快发现，这个地方能满足的是专业天文工作者的需求，而非业余爱好者的学习曲线。“我想尽办法做这些观测，”亚历山大回忆道，“尽管我被叫作PI（首席研究员，一个科学研究团队的负责人），但我对此并不很了解。”他兴奋地记录着相邻两颗恒星的光谱，结果表明两者之间至少产生了一定的氘。如果无误，这就会修改之前认为宇宙中绝大部分氘产生于大爆炸的标准宇宙学假设。亚历山大最终在《天体物理学报》上发布了他的数据，与两位专业工作者——杰夫·林斯基和科罗拉多大学的布赖恩·伍德共同署名，而且值得骄傲的是，后来这篇论文在科学文献中被引用十几次。不过，他的观测尚未达到专业工作者应该做到的完成度——天体物理学家告诉他，依据这个事实，他还应该测量他获得的恒星光谱中的镁II线——所以这篇论文的影响力打了一点折扣。

比尔·阿基诺是一个研究γ射线暴源的业余爱好者，他向大会建议，哈勃的业余观测者项目“尚未达到终极目标”，最终被取消是因为“业余爱好者和专业工作者是不一样的。我们业余爱好者有自己的本职工作。我们渴望学习，但我们也需要帮助。专业工作者得有意愿和我们一起工作并指导我们，业余爱好者得有能力迎接专业工作者设下的挑战——得有意愿去学习如何达到专业工作者的水平”。

但这所需要的时间和精力都超过了业余爱好者可以投入的。

保罗·博尔特伍德是加拿大的电脑系统分析师，也是一个经常与专业工作者合作的天文爱好者，他曾写道：“我没有多少时间做研究（我还得赚钱谋生），从维护天文台到打扫地板，楼里的一切都要我自己来做。我没有助手，也没有时间‘跟上行业的步伐’，除了观测，做不了其他任何事。每个人都应该做适合他做的——我生产高质量的数据。但有时候我让一些专业工作者失望了，因为我没能生产出博士水平的天体物理论文，或者没能完全读懂我作为合作者的论文。”博

尔特伍德抱怨自己被那些专业工作者“惹恼”了不止一次，他说，就是那些用了他的数据却不给他一定的名誉的人。这有时是因为他们想独占成果，但更多的时候是因为，他们的同行如果知道他们非常依赖的这些信息来自“一架7英寸的业余望远镜”，就不会信任它们了。[47]然而这些不顺并不能让博尔特伍德远离夜空。他做耀变体的光度测定，测量活动星系核（耀变体被认为是黑洞附近喷出的喷流）的亮度变化，录下土星环掩人马座28的过程。他还拍摄亮度低至24等的星系，凭借业余爱好者所能拍到的“最深空”CCD图像赢得一场比赛。他用“堆栈”，也就是叠加的方式赢得了这项成就——601次曝光，总计超过20小时，是他在位于渥太华郊区的家中用16英寸望远镜拍的。图像中记录下的星光比地球还要老1倍。

开始真正做科学研究的时候，业余爱好者投入的不仅有他们的数量——有经验的业余爱好者的数量也许是专业天文工作者的10倍——还有他们的时间。[48]阿基诺记录道：“业余爱好者的装备是最适合用来做那些需要花费数天、数周甚至几十年的长期项目的。”比如说，要发现一颗新星，平均需要做500到600小时的观测。因此，几乎所有的亮新星都是由业余爱好者发现的。

业余爱好者哪怕没法获得一台望远镜，只需要一台电脑和一台调制解调器，通过研究由自动搜索项目的数据构建的“虚拟宇宙”，也能做一定的研究。在罗切斯特大会上，普林斯顿大学的博赫丹·帕琴斯基在一次典雅的报告中描述过这样的一个项目。帕琴斯基还就另一位业余爱好者——格热戈日·波伊曼斯基领导的自动化全天巡视（ASAS）做了报告。ASAS运营了两年，只用一个135毫米的相机镜头搭配一个市面上现成的CCD芯片，它们就装在智利拉斯坎帕纳斯天文台的一座小活动屋顶棚的一角，带有驱动装置。“这个项目的最终目的是监控天上我们能看到的星等极限内所有恒星的变化。”帕琴斯基说。数据是自动收集的，记录在磁带内，无须观测者在场。拉斯坎帕纳斯的技术员隔一个月左右会把数据磁带拿出来，寄到北方，然后插入一盘新的磁带。用这种简单的系统，波伊曼斯基和他的同事在两年内鉴别出近3900颗变星，这其中只有155颗是标准文献之前编目为变星的，只有46颗是由太空卫星中最强大的变星侦测器依巴谷发现的。[49]

帕琴斯基估计，“约有100万颗变星正等待被普通的望远镜发现”。“我不认为成长过程中会有什么必然的限制，就算是用这样一个小型设备。”他说，并补充道，ASAS只会记录全天不到百分之一天区的变星。“这就像买乐透彩票。你可能会发现一颗新星，发现一个光学闪——谁知道呢。我们就是不知道那里到底有什么。”

无人能精准预测，用这样的测量方式，我们在上千变星中获得的

原始数据里能发现什么，帕琴斯基谈起将来几年内未来的研究者用互联网探索虚拟宇宙。“我建议用吸尘器法，”他说，“你把得到的数据放进数据库，然后仔细观察思考。我自己曾是个业余变星观测者，至今我心中对它们仍怀有爱意。我希望我退休后能舒服地坐着喝咖啡，在互联网上看变星。有些人可能不太想放弃在黑暗中挨冻的那种浪漫。但我还是更愿意坐在温暖的屋子里，喝着咖啡放松一下，就让望远镜坐在寒冷和黑暗中吧。”

绘出宇宙：拜访杰克·牛顿

杰克·牛顿小的时候在加拿大，他痴迷天文，但自己观星的时候又往往感到沮丧。“我在杂志上、书上看到的照片，都是帕洛马的200英寸望远镜拍的，”他回忆道，“我很自卑。如果这些照片都是像帕洛马这样的大型望远镜拍出来的，那么用我的小望远镜，我能指望看见什么呢？”

后来有一天晚上，他用望远镜扫视天空的时候无意中扫到了木星，他就开始琢磨，还有哪些惊人的景象是自己触手可及的。他学校里的朋友嘲笑他，因为他宣称自己在自家后院就能看到月球上的陨石坑，为了证明这一点，他用他做送报员赚的钱买了一台相机，把它接在望远镜上。他用它开启了他在天文摄影方面一生的爱好，他以他的技艺、坚持和精良的设备，还有黑暗的天空，为这个领域树立了标准。

杰克从百货公司的工作职位上退下来之后，和他太太艾丽斯在山顶上建了一座圆顶屋，里面有一台25英寸的望远镜。杰克在那里用最新的CCD技术拍摄出的星系，可以媲美专业工作者用世界最大望远镜拍摄的图像。“我有个简单的原则，”今天他说，“去无人曾抵达之境，为后人留一条可以追随的路径。”

为将这个信条远播，杰克和艾丽斯最终卖掉了他们的梦之小屋，把25英寸望远镜捐赠给了太平洋莱斯特·B.皮尔逊学院，然后开了两家天文主题的简易旅馆——一家在英属哥伦比亚的奥索尤斯，另一家则在一个专用暗夜社区内，社区由一群业余爱好者建立，距离佛罗里达州奇夫兰最偏远的城镇尚有7英里的距离。这个社区是圣彼得堡的业余天文摄影师比利·多德创建的，他曾于1985年周游佛罗里达，驱车上千英里调查夜空条件，他拉出一定长度的未曝光的胶卷，把它们举向星空，然后卷起来塞回胶卷盒，再用这些胶卷拍摄天文照片。

奇夫兰户外的天空非常暗，那些胶卷几乎没有产生灰雾，所以多德将80英亩[50]的土地划给了天文爱好者。有些人在那里盖了房子。还有人开房车出现在那里，一连观测几个晚上，在捐赠箱里留下钱，作为他们用电和洗室外热水澡的费用。在不断发展壮大的天文旅行活动中，曾有上百名访客来到杰克·牛顿B＆B天

文台[51]学习CCD摄影。

1月明媚的下午，松林上方碧空如洗，我在奇夫兰拜访杰克和艾丽斯。杰克从他的小屋里出来，他是一个瘦削、秃顶的男人，双眼明亮专注，举止滑稽。他引导我进入他的天文台，然后拉动一根绳子，卷起屋顶。“当时我不得不独自建造它，”他在轰轰作响的钢轮声中喊道，“这个国家飓风频繁，我都找不到一个愿意接这个活的承包商。他们说：‘我们把所有时间都花在让屋顶保持在建筑上，而不是把它们卷起来。’”

屋顶移开后，我们就能清楚地看到杰克的望远镜阵列，这其中包含一架7英寸的马克苏托夫望远镜、一架16英寸的多布森望远镜，还有一架放在水泥立柱上的16英寸施密特——卡塞格林望远镜。“业余爱好者能做到的其实很惊人，”牛顿一边说，一边开启了施密特——卡塞格林望远镜和连在望远镜及5英寸寻星镜上面的CCD相机电源开关。“我曾拍过哈勃深场，然后发现自己在数分钟内就能获得哈勃能观测到的75%的东西。我曾拍摄过30亿光年距离的星系团，捕捉到的星系差不多是大望远镜记录下来的数量的80%。我也曾看到之前无人见过的星系。我能在白天观测到600颗星，包括大北斗和小北斗的所有星星。双星，比如天琴座的双双星[52]，在白天是特别容易区分的，因为对比度和眩光都会减少。你能很轻松地看到它们在那里，中间有空隙。这是一个崭新的时代。”

望远镜冷却下来后，星星出现，我们沿奇夫兰暗夜观测社区的泥土路散步。这些房子的窗户都有遮光窗帘，走廊灯也是夜视红色。“它们看起来像妓院，不是吗，”杰克说，“但原因当然是这里几乎每个人都有一架望远镜。这所房子里的人们把圣诞灯都换成了更暗的，这样不会打扰到别人。”

我们在汤姆·克拉克的屋前停下，参观了一圈他的工作室，他在那里制作可拆卸的、能够装在旅行车后面运输的大多布森望远镜，到最近才消停些。这些望远镜卖得很好，但汤姆最近退休了，他的生意也慢下来。“我做了200架望远镜。”他一边估算道，一边揭开一块帆布，露出他巨大的36英寸“后院望远镜”。它的长度大约是欧式货车的一半，由两个做工考究的硬木箱组成，一个用来放目镜，另一个是放主镜的，二者以一组黑色支杆相连。汤姆和杰克就支撑主镜的最好方法开着玩笑——这是望远镜制作者争论不休的话题——汤姆主张用传统的金属“浮置”悬挂系统，而杰克反驳说，普通的泡沫塑料更便宜，也一样好用。

尽管退休了，但汤姆没有停止观测——他会把自己的“后院望远镜”拖出工作室的车库门，放到外面一块水泥板上——他依旧担任《业余天文》杂志的编辑，那是一本深入浅出的期刊，对语言文字没有文学性的要求。在最近的一期中，他回复了一些针对某些文章的抱怨。“我们一期有68页，收到的每篇文章都会被刊登。《业余天文》是由读者自己写的，我们不能决定他们写什么。”[53]

杰克回到自己的天文台，在温暖的房间里启动电脑，开始通过屋外的16英寸施密特——卡塞格林望远镜拍摄照片。他做了个曝光测试，大步走向望远镜矫正对焦——“我会移动千分之三或千分之四英寸”——然后对旋涡星系M77拍摄了四次一分钟的快门，每次用不同的彩色滤镜。他的自动滤镜轮这时候正好坏了，所以每次换滤镜的时候他就需要离开温暖的房间，摆弄一番望远镜，然后再回到电脑屏幕前。他像在新的画布上作画的画家一样，耐心地、按部就班地完成了这个过程。每个图像显现的时候，他都要进行检查，在电脑上做些处理，用鸟一样的专注盯着成果，左右摆头，换换角度，然后再做调整。

“现在我要把它们叠加起来。”他说。他把四张照片叠加起来，然后一副壮观的星系彩色照片出现了。我对这个星系比较了解，但照片上显示出外圈的一层光晕，我对它并不熟悉。在杰克调整颜色的时候，我查了一下《卡内基星系表》，发现M77在威尔逊山200英寸胡克望远镜拍的照片上并没有外层光晕的迹象。卡内基照片差不多有半个世纪的历史，所以这种比较未必公允，但很明显，杰克数分钟内的工作就胜过了当时世界上最大的望远镜。

又拍了几张深空天体之后，杰克在望远镜内插入一枚巴罗镜——它能延长有效焦距，于是CCD芯片上能够映射出更大的图像——然后移动到木星，又以不同颜色的滤镜对这颗大行星进行了四次短曝光，再一次左右摆头之后，迅速舍弃了一张不合标准的。“我在等视宁度好的那一刻，”他说，“这张好多了。”

得到四张干净的照片之后，他把它们叠加起来，又得到一张木星锐利的彩色肖像，就是几分钟前看到的那样。“很好，”他开心地说，“其实挺漂亮的！就是没有星系那么好玩，是不是？”

雾气正从墨西哥湾蔓延过来，就在西边不到10英里的地方。杰克的除雾系统——那是他从电热垫上拆下来的电线，上面覆盖着泡沫绝缘材料，包裹在他折射镜的物镜周围，以及施密特——

卡塞格林望远镜末端朝向天空的改正板上——正在保持光路清晰，但时至午夜，天空自周围到天顶都变成奶白色，于是我们关闭望远镜，合上屋顶。

我在B＆B四间客房中的一间度过了这个夜晚。墙壁装饰着杰克的大幅彩色天文摄影照片，床头桌上堆着《业余天文》。翌日清晨，我们在餐桌前慢吞吞地吃着早饭，爬升的朝阳烧尽了残雾，艾丽斯一边续满我的咖啡杯，一边赞扬着业余天文的功绩（“有多少科学领域是你不依赖巨大投资就能做出重要发现的呢？”）。

天空清澈后，杰克回到天文台，开始用一架前面装有H——α滤镜的5英寸折射镜拍摄太阳。这样的滤镜可以阻挡所有太阳光谱，只让一种由氢原子产生的宝石红色线通过。我透过目镜看了一眼，得到的是一幅壮观的景象：巨大的日珥飘浮在太空中，血红色太阳表面蚀刻着由太阳黑子组成的、旋转着的深色磁场线。杰克轻轻翻转一个小反射镜，让它直接对准光源，避开目镜，接上CCD相机。然后，在暗控制室，他开始曝光并梳理照片，就像他夜里做的那样。他选出空气最稳定的时候拍下的照片，那时候展现的细节最棒。几分钟之内他就制作出一张效果惊人的叠加照片——红色的日珥悬挂在狂暴的金色太阳边缘。我们用南加利福尼亚大熊湖太阳天文台的一张太阳照片做对比，大熊湖天文台是领先的专业机构——它是建在大熊湖畔的高高的白色圆顶屋，湖水可以冷却环境温度，将大气湍流减至最小——那里的天文学家用三台研究级望远镜监控着太阳的一举一动，最大的是一台26英寸反射镜。杰克最新的一张太阳照片并不如大熊湖天文台的锐利，但也已经很接近了。

两个月后，杰克的一张太阳照片以整版跨页的形式发表在《新闻周刊》上。“如果你幸运，”他说，“如果你的焦距正确，视宁度正确，太阳滤镜的倾角正确——你就掌握了魔法！”

第六章
石山

五十四年，照第一天。好个崩跳，触破大千。

——道元

谁能相信，这么小的空间竟能装下整个宇宙的图景。

——列奥纳多·达·芬奇对人眼的描述

夜幕降临石山天文台，我检查了一下西面地平线上是否有起雾的迹象。我们身处加利福尼亚州酒乡，距海岸40英里，但雾气会在你未察觉的时候就覆盖这个距离。雾气有时候突如其来，灰色的雾障忽然就遮蔽满天星星，像闭眼一样快，又或是悄然潜伏在山谷，犹如苍白的手指，缓缓攀爬上山。天顶是最后被遮住的，因为我习惯于在天顶附近观测，所以有时候直到目镜视野变成灰色，抬头看见星表和工作台上都结了水汽，我才发现是怎么回事，液体比重计读数是99%，整个天文台几乎泡在水里。但今晚没有起雾的迹象，所以我只需欣赏景色——怀抱着一条欢唱的小溪和一座葡萄园的小山谷，面对着有紫色北坡的索诺马山。

这里是地震区——圣安德烈亚斯断层就靠在岸边——这些山都是在移动的，像积云一样不安分。它们大多是玄武岩，将近1000万年前被活火山吐出。岸边躺着放射虫燧石层的厚片，它们始于1亿年前太平洋中部的海床，砂岩则曾经属于美洲中部的海滩。地质学的时间尺度对普通人来说长得可怕，但从天文学角度来说却很普通。在石山，仅用双眼和一台18英寸的望远镜，你就能看到星系的壮丽景色，那是千万年前发出的光；你还能看到很多距离超过千万光年的东西。

几颗亮星闪烁在天空。我用望远镜瞄准它们以校准方位，如往常一样惊异于它们的色彩——橘色的毕宿五，黄色的五车二，蓝色的织女一。天色全部暗下来之后我看了看三角星系，它距地不到300万光年，以星系际的标准来说是个本星系群天体。它那伸展的旋臂上缠绕着发光的气体云，漫溢到视野之外。我一如既往地深陷于一个事实：这些东西，它们可能或大或小，或冷或热，难以想象，但它们真的就在那里。它们就像巨乌贼或是烤法式面包——而不是，比方说，后现

代主义或民意测验这类东西——以物质的无上真实性面对着我们。

我打开一本满是星系照片的活页册子，核对我刚才看到的东西。如果一颗恒星在那里爆发，它就是一颗新星（nova），你在望远镜中能看到，但在前段时间拍摄的照片里没有。这样的星有两种：一种是新星，偶然爆发，可能会重复爆发；还有一种是超新星，它们的一生在一次致命的巨大爆发中结束。一颗超新星可以在数日之内亮度暴增，直到光芒胜过它所在星系内千亿颗其他恒星的总和，然后在数月或数年内缓缓消退。今晚我就是在找超新星。技巧就是在它亮度还在增长的时候捕捉到它，因为这时候是天文工作者研究它的最佳时期。对我来说，一个星系在一晚发生超新星爆发的概率不大于万分之一，所以试图捕捉到一颗超新星就像在一条溪流中钓鳟鱼，垂钓者可能一条鱼也钓不着。然而就算是一颗也找不到，搜寻超新星本身也能给你盯着星系看的绝好机会。

融合着星和气体云的一团薄雾出现在我的视野中，它庄严又冷静，呈现出银白至炭黑，又至墨黑的彩色。我想，星系如此宽广，比任何人、任何地方都要包罗万象，不可理解。尽管今夜这个特别的星系中没有任何超新星的迹象，移开目光之前我还是在它身上停留了片刻，就仅仅是看着它。我感到一阵可笑的快乐，就像早年的那个坐热气球的法国人，他一上天就拒绝再下来了。

望远镜这个词来源于希腊语的“望远”。远的天体比近的暗，所以要看得更远需要聚集很多光，然后将它们投向焦点。就折射望远镜来说，小型望远镜就是个例子，光线由大的“物”镜聚集。而反射望远镜则是由一块大“主”镜来聚光。大型望远镜一般比小望远镜好，但更贵，更难运输，对空气湍流，即所谓“不佳的视宁度”，也更敏感。任何一架望远镜都有最重要的两个参数，一个是孔径（聚光的镜头或镜面的大小），另一个是焦比，就是焦距——聚集起来的光束到达焦点的距离——除以孔径。望远镜焦比越大，图像越清晰，但视场也就相应地越窄：一个焦比为12的折射镜也许在观察行星时效果卓越，但并不很适合看伸展开来的天体，比如星云或距离比较近的星系。目镜放大图像，放大倍率为望远镜的焦距除以搭配的目镜焦距。不同的镜头适用于不同的天体，很多观测者都喜欢收藏目镜，就像摄影师在一个机身上用好几个镜头一样。低倍率的广域目镜用来观看星系、星云，还有其他一些比较宽广的天体，能提供最佳视野；中高倍率则适合行星和比较遥远的星系。

望远镜多少都会有畸变——就像信号里的噪声——物镜或主镜的曲面（一般是抛物面）需得完美，方能将远处散射的光聚焦成一点，畸变从这里就开始了。望远镜的容错率其实很低。物理学家、天文爱

好者哈罗德·理查德·苏伊特注意到，一个优质的8英寸望远镜主镜，就是很多技术型业余爱好者手制的那种，如果把直径扩大到1英里，其曲面的精度应达到0.25毫米，“误差相当于1英里宽、300码[54]高的圆盘上的一张纸牌的厚度”。[55]相同尺度下，一个极度精密的金属设备部件，比如喷气式发动机上的一个轴承，它的波荡会比一枚垒球还要大。就如苏伊特所描述的，一个好的望远镜镜面“是人类能做出的肉眼可见最精确的固体表面”。[56]

反射镜让光原路返回，所以必须想办法将光束引向一侧，避免观测者的头挡住光路。（从帕洛马的海尔望远镜开始，有些山顶望远镜大到需要观测者乘坐一个“笼子”才能到达主焦点。现在这些望远镜几乎都是电子摄像了，主焦点上只需要安装CCD相机及其冷却设备。）牛顿反射望远镜是最主流的一种反射镜，它在镜筒靠近开口的部位悬挂一个平的副镜。用来悬挂副镜的支架一般是用金属制成，而且打造得很细，以便将对进入的星光的干涉减到最小，这些支架组装起来叫作蜘蛛架。副镜将光反弹到镜筒一侧，在那里被聚焦的图像会被相机捕捉，或被目镜放大。牛顿望远镜指向天顶的时候，要到目镜那里就得爬梯子，那是通向天堂的阶梯。

星系际的太空净澈精妙，数百万光年之遥的古老星光抵达太阳系，除了略受星际和星系际云的扰动，大部分依旧如新。最会干扰和屏蔽星光的，是它在旅程的最后万分之一秒内穿过地球大气层时的路径。大气湍流让星星闪烁，这种闪烁又被望远镜放大。为了将这种不稳定减到最小，天文台一般建在高海拔地区，以便超过尽可能多的大气层，或者建在大气稳定的地方。

石山天文台在一座小丘陵上，它不是一座山，海拔只有400英尺，但依旧是个理想的地方。为了找到一个好的站点，我用一架便携式望远镜测试了不同的地点，然后来到一个地势平坦的好地方，当地视宁度不错，名不虚传，因为有干净的太平洋气流平滑稳定地自西吹过来。唯一的问题是东面部分天空被两棵高高的老橡树遮挡。我在考虑这个问题的时候，一个叫约翰·米勒的建筑师打电话来，邀请我为美国建筑师学会致辞。“我们不能提供酬金，”他说，“但我们可以赠送您一箱好酒。”

“我不需要酒。”我答道，视线越过那片葡萄园。

但我们聊了聊我建一座天文台的愿望，米勒将这场谈话视作一次建筑咨询。我们在肯伍德见面吃了午饭，然后去了那个站点。米勒很快陷入一种看起来无目标、无意义的工作状态，我很幸运地——因为在几个大艺术家身上目睹过这种状态，当中有物理学家理查德·费曼和

画家唐纳德·考夫曼——逐渐认识到这其实是一种创造力的象征。他信步走着，漫不经心地在这里捡起一片树叶，在那里捡起一块树皮，咀嚼一根小茎。然后他向我宣布，我应该把那些树砍掉。

“真是个好建议，”我说，“那些树有100多岁了。我才不想把它们砍掉。”

米勒微笑着继续闲逛，然后捡起一张斑驳的卡牌，掏出一支笔，在上面画着。他说，要做的就是别把天文台建在平坦的地面，而是建在附近的山上，就像这样。

这个草图吓到我了。曾经设想的简单的一层结构，现在在西侧多了一幢三层建筑。但我有一架果园里用的梯子，我把它拿出来，放在本该放望远镜立柱的地方，然后爬上去看了看。一切都一目了然。太完美了。

“这要比我计划的贵了。”我嘟囔着爬下梯子。米勒又笑了。“当然啦，”他说，“你以为建筑师是干吗的？”

站点选好之后，我开始就设计细节咨询有经验的天文台建造者。他们的建议大多很环保：如果你找到一个不错的站点，那么建台的时候尽可能不要对它产生任何影响。

用滚动式移动屋顶而不用圆顶；圆顶贵，而且容易滞留热气。避免使用沥青纸盖顶和水磨石地板，因为它们会在白天吸收太阳的热量，然后在晚上把它缓缓释放出来，扰乱视宁。如果你必须用混凝土的话，就把它盖住；否则混凝土中石灰里含的水汽可能会侵蚀望远镜上的玻璃。

我得到的最有说服力的建议来自克莱德·汤博，他是冥王星的发现者。我在1991年去新墨西哥州的梅西亚见他。他带我出门，走到房子后面靠近拖车公园的一个地方，给我看了他的两架望远镜，它们都是手制的。

它们都没有受到什么保护，就这样站在室外的沙漠空气中，白天黑夜，数年都如此。没有圆顶效应。“这一架的极轴是从我爸那辆1910年的别克车上拆下来的，”汤博说着，拍了拍他的9英寸望远镜，“我是1928年春天完成这个镜子的。史密森学会当时想要这架望远镜，但我跟他们说：‘我没法给你们，我还在用呢。’”

他爬上他的16英寸望远镜的脚手架，那架望远镜是钢铁与玻璃的

组合，在黑暗中若隐若现，仿佛墨水写的一组方程式。汤博年逾八十，是一个佝偻的老人，但他能像蜘蛛一样灵活地攀上设备的梯子、平台和台阶，给重力驱动的发条装置上发条，把镜筒搬到适当位置。我只能努力跟在他身后，拼命记笔记。

“你至少得离地8英尺，”他向我喊道，“在上面观测天顶的时候，你的双脚离地16英尺。围绕望远镜最好的材料是木头。混凝土就是在谋杀望远镜。只有支架的镜筒是最好的，它能避免空气滞留在里面。如果你必须用封闭式镜筒，那就用软木加衬。这些都用螺栓手动拧紧，没有一处是焊接的。6吨重的基底，1吨重的钢铁。螺栓都是我敲上去的；我把螺孔钻得略小，这样可以更紧。所有花费加起来大约500美元。

“这是个超级望远镜，”

他喊道，“非常了不起。用它我能看到木卫三上的痕迹。”那是木星的一颗卫星，和地球的月亮差不多大，但距离远2000倍。“要看到这个，你得有极好的视宁度和极好的光学设备。”

他发现我终于跟上他，就放低了声音。“很少有人能和我一样，”他安静地说，“用这架望远镜看到木星的这么多细节。”

我采纳了克莱德的建议，天文台主要用木材建成，靠近望远镜的地方尽量不用混凝土，效果不错。只要天气不是太热，内里都能保持凉爽——可以打开一个排气扇，将冷气从地下室抽上来——屋顶一旦移开，温度很快和外界一致。露天观测台有两层楼高，没有地面效应引发的大气湍流，矮墙提供了清晰的视野，让我就像在巴比伦金字形神塔观星的古人。

天文台建成后不久的一天，我在望远镜平台下的地板上安装书架，旁边有一些我妈妈从基比斯坎的房子给我寄的旧天文书。当中有一本褪了色的蓝色活页册，里面是我幼年时的观测笔记和月亮、火星及木星的素描。封面被1965年“贝特西”飓风带来的洪水弄得污迹斑斑，但内页被很好地保存下来。我怀恋地翻阅着，这时候其中一页从背后滑出来，掉在地上。上面是我13岁左右用铅笔画的天文台设计平面图。这个设计构想的是一层结构，并不是像约翰·米勒设计的那样斜盖在山坡上，但其余的部分与我现在所在的建筑几乎完全一样。常言道，一切梦想都来自童年。

远视：拜访芭芭拉·威尔逊

对于芭芭拉来说，天文台的鳄鱼并不是一个很大的问题，但有时候它们确实会让游客望而却步。芭芭拉得等一车小学生出现在乔治天文台——一个位于布拉索斯湾州立公园沼泽地的公共机构，休斯敦往南一小时车程，她是这里的科研人员和助理经理——他们往往都会迟到。考虑到他们可能会在桥上被鳄鱼拦住去路，她拿上她的耙子往那里去，不出所料，一条鳄鱼就卧在桥上，晒着太阳不愿动，小孩子们离得远远的，他们的脸紧紧贴着黄色校车的车窗。芭芭拉赶走鳄鱼，孩子们才得以进来看到望远镜。

“我学会了用这种普通的家用耙子，”她对我说，“我用它在鳄鱼面前刮出声音。它们不喜欢这种声音，一般就走了。小孩子特别喜欢看这个——他们会觉得你很酷——但是他们的家长和老师对此并不热衷。

“最糟糕的是人。人和鳄鱼是怎样的关系呢？一条6英尺长的鳄鱼出现在停车场，而人们袖手旁观。他们只会给我打电话，等我带着我的耙子过去。有一次，大约五六个成年人就站在那里，看着鳄鱼，让我来搞定。我就把它赶进了树林。无论如何，大鳄鱼一般不成什么问题，它们大多经验丰富，有点害怕人类。但小的就会在你打算把它们赶走的时候咬你，而且它们喜欢掉头冲回来。赶它们不容易。不过鳄鱼还是一种很有意思的生物。它们已经有数亿年历史，而且妈妈对幼崽都很温柔。”

芭芭拉谦逊随和，身材矮胖，穿旧外套和运动鞋，很容易被误认为是一个休斯敦主妇——在乔治天文台工作之前，她曾经也确实是主妇，同时还是企业主管和房地产经纪人。乔治天文台是她参与建立的。她刚在这里工作的时候，业余爱好者用台里的三台望远镜发现了大量小行星，还捕获了一个神秘的γ射线暴源的罕见图像。同时芭芭拉也继续着她自己的天文项目，其中一个是关于观测威廉·赫歇尔编目的所有2500个深空天体，以及找出银河系147个已知的球状星团。（其中第147个，也就是编目为IC 1257的星团，一直以来被认为是一个疏散星团，直到芭芭拉发现它其实更可能是个球状星团。这种区分意义重大：疏散星团比球状星团质量更小，密度更低，也更年轻。她和其他三个天文爱好

者及几个职业工作者共同发表了一篇关于IC 1257的论文。）

芭芭拉的努力为她在业余天文圈赢得了技术最强的观测者之一的声誉——一个如饥似渴的深空探索者，有能力去看，去告诉别人如何看，看那些一直被认为在人们的目力所不能及的地方的天体。连斯蒂芬·詹姆斯·奥马拉——在“活着的视力最敏锐的观测者”这一头衔上她的主要竞争对手——都形容她“成就惊人”。一个晴朗炎热的下午，我们在得克萨斯星空聚会上的一张野餐桌前坐下聊天，背景是鸟鸣和为夜观做准备的观星者哗哗拆掉望远镜外面聚酯薄膜保护罩的声音。

芭芭拉告诉我，她“算是一个军人子弟”，她生于意大利戈里齐亚，长于德国、瑞士和美国。“爸爸驻扎在哪里我们就去哪里。1956年威斯康星州格林贝的一个黄昏，我们在外面收衣服，天空变成黛色，我记得我看到东边有一个亮红色天体。我父亲说那是火星。数年后我才意识到那是1956年的火星大冲，当时火星距离地球只有3600万英里。后来我们住在加利福尼亚的蒙特雷，爸爸给我买了一架望远镜。军官宿舍里有座水塔，视野空旷。我会带着我的望远镜、星表和一盏小灯爬到那里，找找亮星或土星之类的。我一直都是一个人，没有和任何业余天文爱好者有过接触，但七年级的时候我读了一本非常精彩的小书，它是讲1986年哈雷彗星将会怎样回归的，我记得我当时想：‘哇，要等好久呢！’那是20世纪60年代初的时候。

“我想成为一个专业天文学家，但上高中后，我就成了数学和科学课堂上唯一的女生，因为受到各种戏弄，还有别的，我变得自卑和沮丧。所以尽管万分不舍，我的兴趣还是从科学和数学中转移了出去。高中毕业后我终于搬到得克萨斯来。我跟和我一样的军人子弟结了婚，有了孩子，我延期读大学，一直延到孩子上学。然后婚姻触礁了。触礁是命中注定：我们结婚太早。我第一任丈夫比较老派，他觉得女人就应该待在家，这个不能做，那个不能做。我的第二任丈夫则是完全不同的类型，他很会鼓舞人。他带回来一架旧的望远镜，那是一架6英寸的反射镜，我于是重拾天文。在此之前，我忙于养家糊口——找工作等等——对科学的爱已失去很久很久。事实上我感觉自己落在后面了。”

芭芭拉受到威廉·赫歇尔的启发，她在莱斯大学图书馆珍本书库里读到了他的观测日志，开始追逐暗弱和遥远的天体，这些天体鲜有观测者见过。她在银河中寻找尘埃的暗流，紧盯那些之前只在长曝光摄影和CCD图像中能看到的暗弱星系、星云和星团。她常感到挫败——“大约有一半时间我都是失败的”——但也足够

成功地成为一段传奇了。我问过她我听过的那些传闻，比如说，她用吃胡萝卜补充维生素A的办法获得异于常人的夜间视力，这是不是真的？

“绝对不是，”她笑道，点燃一根烟，“我的视力啊，大概是20/15[57]，所以我其实是有点远视，但我不觉得自己视力有多好。耐心和渴求是最重要的——以及知道要往哪里看。意识到那亘古的光穿越宇宙进入你的眼睛——你可以看到这些东西——这对我来说很了不起。”

她有些天文爱好者朋友戏称她为“不没女王”，这是虚构的“看不见星云和没人愿意看协会”的首字母组合。芭芭拉拟了一条名为“不没100”的愿望清单作为回应，其中都是几乎看不到的目视观测目标，包括月球上的脚印，一次小行星凌月，一颗系外行星，一些星系团中发现的引力透镜光弧（“要能看到那些蓝色的弧，我愿意拿一条胳膊来换”），毒蜘蛛脉冲星——在距离地球数千光年远的地方，比内布拉斯加的奥马哈城还小——还有“NGC 1097星系奇怪的狗腿喷流”。

“这100个天体里，你有没有观测到几个？”我问她。

“没有，”她欢快地说，“我试图看却看不到的东西很多。我经常被鞭策。宇宙会鞭策你。你刚以为你知道一些东西了，天空就会把你打回原形。但一切都这么美。你看着一个飓风的螺旋结构、浴缸里旋转流入下水道的螺旋水涡，还有星系的螺旋形状——所有这些自然图形的连续和重复——让你感觉活着真好。万物精妙，越仔细看越精妙。我们生活在一个精彩的世界——一个精彩的宇宙。对我来说，这是个视觉的世界，而我，只想去看。”

第二部分
蓝色汪洋

我感受到海洋与森林——不知何故，

我感受到地球在太空中迅捷地游荡。

——沃尔特·惠特曼

听罢了阿波罗的歌声，墨丘利的语言是粗糙的。

——莎士比亚

“太阳是一颗恒星，是唯一一颗我们可以详细研究的恒星。”[58]这句话出自乔治·埃勒里·海尔，几乎是他的口头禅，真的——他十几岁时就爱上太阳。在父亲的支持下，海尔在位于伊利诺伊州芝加哥郊外海德公园的家中建起了一座太阳天文台，内有一架12英寸反射望远镜。他在麻省理工学院学习物理，1892年在芝加哥大学任天文学教授，尽管他从来没有考虑过拿一个博士学位。他接下来的职业生涯非常惊人：海尔在威尔逊山创建了叶凯士天文台并任台长，还创建了帕洛马天文台，招募来的天文学家将已知宇宙的维度拓展到超过所有前辈的总和，证明了太阳不过是所在星系千亿恒星当中的一颗，而这个星系也不过是数十亿星系中的一个，它们所在的宇宙已经膨胀了数十亿年。但在探究深空的同时，海尔从未丧失过对离我们最近的恒星的热情。进行自己的科学研究、管理天文台行政事务、为新台筹款，这些工作量加在一起，令他精神崩溃，最终他的医生强迫他退休。在他位于加利福尼亚州帕萨迪纳的房子后面，他建了一座太阳天文台聊以自慰。他给天文台配备了一个太阳单色光照相仪——这是他发明的一个设备，之前太阳日珥只能在日全食中看到，用这个设备则随时都能看到——并开始收集数据。很快他又开始像往常一样奋斗，到最后都是个太阳崇拜者。

鲜有观星者能够像海尔那样全身心投入太阳，但哪怕只是偶尔观测，也会有很大收获。你的可观测时间比观测别的天体翻了一番，而

且小的望远镜也能得出有用的结果。不过，当我们对观测太阳的预期提升时，在对其进行详述之前，天文写作者都得加一段警告：不要用无屏蔽的望远镜看太阳！否则会造成严重的眼伤，甚至致盲！望远镜的设计是把很多光线聚集到一个小焦点：把你的眼睛或者其他任何身体部位放在望远镜焦点处对准太阳，就像自愿去做一只被放大镜烤焦的蚂蚁。操作太阳下的望远镜应当像操作上膛的手枪一样小心。

曾有一个天文爱好者——就叫他杰克吧——和我说过一件事。有一次他在一个重要的天文台，旁观一位不受欢迎的台长为一本图片杂志拍宣传照片。台长需要在台里最大的一台望远镜的观测笼中摆姿势，观测笼在主焦点上，那里是像哈勃或桑德奇这样有名望的天文学家的宝座，而他大部分时间都只是在做行政工作，很少使用望远镜。为了避免浪费宝贵的观测时间，照片的拍摄是在白天完成。杰克抬头一看，摄影师把圆顶打开了一条缝，开始拍摄，然后指挥望远镜和圆顶开口往不同方向移动，以获得最生动的光线。天文台台长帮忙心切，遵从摄影师的指挥，无视电脑发出的一串警告，继续转动望远镜，旋转圆顶。看着这一切，杰克意识到摄影师可能下意识地想拍一个让望远镜直接对准太阳的镜头。杰克衡量了一下他如果继续保持沉默的后果。一方面，太阳光一经这台大型望远镜聚焦，就极有可能杀死这个不招人喜欢的台长。另一方面，他们也终于可以摆脱他了。杰克的良知最终占了上风，他在为时太晚之前发出了警告。

任何大望远镜通常都不能对准太阳。哈勃空间望远镜甚至都不可以观测水星（水星和太阳的分离角度从来没有超过28度），就怕它不小心直接接触到太阳光。然而小型望远镜如果有适当的预防装置，还是可以用于太阳观测的。一种方法是将太阳图像投射到一个屏幕上。如果你使用投影法，那么要保证寻星镜是盖住的，以免有人不小心透过寻星镜看到太阳。你还要提防另一种危险：如果望远镜孔径超过2英寸，太阳的热量就有可能损坏目镜。比较推荐的方法是在物镜或别的光学系统前放一片太阳滤镜，过滤绝大部分太阳光。[59]

人们看太阳，第一个注意到的就是黑子。它们其实挺热也挺亮，看起来黑只是因为它们相对于周围太阳表面的温度要低一些。每个黑子都有个黑色中央区域，即本影，它被灰色半影包围。根据海尔的理论，黑子由磁暴涡旋产生。这些黑子往往成对地出现在造就它们的磁环两端。每一对都有一个正磁极和一个负磁极，而且它们当中的主要者在太阳半球上是呈镜像的：南半球的黑子对中的前导黑子（按照太阳自转方向）都是正极，北半球的主要黑子则都是负极。太阳绕自己的轴自转一圈约27天，所以黑子大约两周内可以在太阳表面从一侧移动到另一侧，在此期间观测者可以跟踪它们的外表变化。黑子的数量

大多是由业余爱好者统计的，现在已证明黑子数量增减周期是11年：在太阳活动极小年，有时候一颗黑子都没有。在一个周期结束的时候，太阳整体磁极掉转，南北磁极颠倒，新周期诞生。新周期开始时，我们发现黑子在高纬度地区最多，越往后它们越接近赤道：这就是“蝴蝶图”，最早是19世纪英国业余爱好者理查德·卡林顿发现的。

耀斑和日珥从太阳表面喷向太空，发出高速粒子流。（这两种类型的爆发都是太阳磁场产生的，但耀斑相对较热，速度也更快。）这些粒子抵达地球之后，能引发电磁暴，破坏广播通讯，有时候还能干扰到电子电气设备。1989年3月13日，一场超强太阳风暴袭击地球，在输电线上、铁轨上，甚至加拿大东部大片的含铁岩石上都激起了电弧，那里警觉的工程师试图维持住魁北克水电公司电网的正常运行，但失败了。太阳风暴汹涌的能量最终令系统于凌晨2点44分过载，蒙特利尔城区和魁北克几乎所有的地区全部断电。与此同时，在太空，地球卫星也因与太阳粒子流邂逅造成的摩擦而降低了运行速度。讽刺的是，受撞击最严重的是“太阳极大使者”卫星，它本身就是为研究太阳在11年周期中的峰值而设计的。

卫星在它所研究的恒星的攻击下被削减了运行速度，然后很快地进入大气层，坠毁在斯里兰卡东南部的印度洋。

太阳风暴还会激发极光：进入地球的带电粒子点亮了大气层上部的氧分子和氮分子，原理和氖管内的气体被电流点亮一样。当“太空气象”站播报了一次大的耀斑——从太阳发出的粒子要花3天时间才能抵达地球，所以会有很多预报——观星者就会为拍摄或录下红色、蓝色和绿色极光帷幔的舞蹈做准备。极光集中在磁极点地区，只有在地球遭遇比较特殊的强太阳风暴的时候，才有可能在中纬度地区被见到。1989年的那场击垮了魁北克电网的太阳风暴激起的极光，点亮了从极点到玻利维亚和佛罗里达群岛的天空。

有关太阳最震撼的镜像还是通过H—α滤镜拍的，就像杰克·牛顿用在他的CCD太阳图像上的那样。滤镜准许通过的光谱线越窄，图像效果越好：最好的滤镜有着“次埃”级别的分辨率，这意味着它们可以传送不到1埃，或者说不到一千亿分之一毫米的太阳光。一次星空聚会上，一个业余爱好者邀我用他配备了0.1埃滤镜的闪着银光的长焦折射镜。那景象非常吸引人：磁场引发的黑色涡旋围绕黑子旋转，与太阳米粒组织的毛茸茸的背景形成对比，米粒组织由小的对流单体组成（直径一般为500英里），弧形的耀斑和日珥在日面边缘攀爬。你还能见到日面上的耀斑和日珥，就好像在飞机上看高大树木的顶部。耀斑的演化一般在数小时之间，但大的日珥变化更慢，所以一天看下来，它们似乎一动不动。无论如何，看能量剧变的恒星的特写是很震

撼的。H—α滤镜价格昂贵（你可以花钱买，或者有时间的话也可以自制），但业余爱好者用它看到并拍到了太阳系中能看到的最壮观的景象。当“祖父”——被观测到的最大日珥，占据约四分之一个日面——于1946年6月喷发到太空时，只有非常少的观测者有装备看到它，但后面的日珥就有上百位观测者能看到了。

太阳对人类至关重要，它是生命之源，它产生太阳风暴，它也是天体物理学研究的天然实验室，所以专业天文学家使用各种太空探测器、卫星，还有太阳望远镜来研究它，也不是什么奇怪的事情。但如果以此推测业余爱好者对太阳的观测是没有意义的，那就错了。天文台会有云遮挡，卫星会出错或失败，但你总有可能成为世界上第一个——甚至唯一一个——看到一个巨型日珥出现，或是“太阳小黑子”中长出一个新黑子的人。“永远不要假定‘别人可能也在看一样的东西’而放弃一天的观测，”美国天文爱好者P.克莱·谢罗德建议道，“永远都要假定你的观测可能是唯一的。”[60]英国业余爱好者杰拉尔德·诺思形容：“专业人士的监测程序是有盲区的，当没有哪一台专业望远镜对准我们这颗白天之星的那一刻，可能目睹太阳表面一场骤变的就是你。”[61]

除了它的这些剧变之外，作为一颗恒星，太阳其实是性情平和的。它已经闪耀了将近50亿年，而且人们认为它的内核拥有足够的热核燃料，在接下来的50亿年里能够继续维持它的平静。然后它就会缓缓膨胀，成为一颗红巨星，外层大气会将地球纳入怀中。（太阳热能惊人，就算中央的能量最终告罄，太阳表面产生任何变化还要好几百万年。）[62]

太阳表面罩着太阳大气层，由色球和日冕构成。色球（“有颜色的球”）闪耀着由活跃的氢原子产生的粉色亮光。再往上就延展出更大的珍珠灰色日冕，它那精妙的藤蔓沿着磁场线远远伸到太空中去。二者在日全食的时候都可以看到，那时候月亮从太阳面前经过，能在几分钟内阻挡大部分太阳光。太阳的直径是月亮的400倍，而它与地球的距离也是月亮与地球距离的400倍，这是一个很幸运的巧合，所以天空中日月的视直径是差不多的。因此月亮几乎把日面都挡住了——除非日食发生在月球运行到远地点的时候，这时候会产生“环”食，也就是会有些直射日光直接从边缘溢出。月影由两部分组成——黑的中央本影，以及包围本影的灰色半影。只有在本影内才能看到日全食，半影内看到的是日偏食，半影外的人什么也看不到，和平时一样。日全食爱好者常常不远万里将自己置于本影路径。如果天气晴好，他们就能被赏赐大自然最令人难忘的奇景之一。

有经验的日食观测者会观测日食期间的好几种现象——如果他们

全都想看的话：有些人太过专注于摄影或搜集数据，以至于可能会疏于从自己的设备中观看这一景象。贝利珠，即太阳光在食甚的片刻穿过月球山谷产生的明亮的光珠，最早于1715年被埃德蒙·哈雷记录，但它们却得名于弗朗西斯·贝利——一个商人出身的天文学家，他于1836年具体地描述了它们。“一排清晰的点，像一串明亮的珠子……它们突然就在月球朝向日面的那部分的周围形成了，”他写道，“它们的形成实在太快，它们呈现出的样子就像点燃了一串火药。”[63]最后的光束闪耀在一个月球山谷中间，产生所谓的钻石环效应。食甚前最后几分钟里，如果你周围是低矮的乡村，你就有可能见到月球的本影以每小时1000英里的速度朝你冲过来。食甚一般只会持续3分钟，在此期间，粉色的色球和红色的日珥从太阳边缘喷出，珍珠灰色的日冕向外燃烧，行星和亮恒星在变暗的天空中闪现。

我是1970年3月2日在北卡罗来纳州第一次看到日全食的。我和朋友从纽约搭便车过去，我们到全食带之后发现农田里有星星点点的白色望远镜镜筒和相机阵列，仿似日全食在陆地上用粉笔画出了自己经过的全食带。我们在一座小农场前停下，向农场主做自我介绍。农场主是一对中年夫妇，往上数有五代人在这里务农。他们很热情地邀请我们进来架设我的8英寸望远镜，但他们不愿用望远镜看日全食，因为电视新闻警告过他们直接看是有危险的。（危险是有的，但有点被过分强调了。1979年2月26日那次日全食，我在蒙大拿的一条公路边上遇到一辆载满当地学生的校车，他们哀叹自己学校就在日全食带上，可他们却只能在室内通过电视观看日全食，而不是走出去自己看。）

北卡罗来纳州那次日全食刚开始的时候，我们在目镜上加了太阳滤镜的望远镜中看到，月球把太阳切削成新月形状，而太阳光却并没有很明显的减弱迹象。天空依旧是亮蓝色，周围农庄和我们刚到的时候一样，呈鲜明的绿色和棕色。最后到食甚时，整个世界以惊人的加速度凉下来、暗下来。牛在黑暗中不安地叫着，鸡成群回到鸡圈，我们也感觉到异样。我们发现自己在说一些类似“呃，你知道吗？太阳不离开，你不会打心眼里感激它”这样的话。

天空突然坍缩到黑暗中去，几十颗亮星出现。天空当中悬着一颗令人敬畏的黑球，它镶着宝石红色的边，被灰色日冕的末日光辉包围。没有照片能够表现出这么震撼的景象：从暗到亮的动态范围实在太棒了，那颜色真的是地球上没有的。（太阳色球的电离气体比地球上任何物体温度都要高——除了一颗突然爆发的氢弹——也比实验室里的真空还要真空。）我向后踉跄了两步，像个醉汉——抑或是米底人和吕底亚人，公元前585年，他们因日全食而停止交战，握手言

和。比我更理智的观测者都在那一刻失去了理智。普林斯顿大学的查尔斯·A.扬就一直自责，在1869年那次日全食中，他因心醉神迷而没能完成科学任务。“我没法形容我当时为我自己的愚蠹和浪费掉的机会而感到的惊讶和羞愧，日光重新照射出来的时候，这一切压垮了我。”他回忆道。[64]我缓过神来，摘掉了望远镜上的太阳滤镜，更好地欣赏日全食。鲜红色的日珥从月亮后面划出一道弧线，与朦胧的、银色的太阳外层大气背景形成鲜明对比。

一两分钟过后，月球开始从太阳前面移开，一点直接的、像焊工手里的电弧那样纯白的太阳光，从月球边缘两山之间的山谷中穿过来。“钻石环”又出现了。很快又有其他光点加入，形成了贝利珠。我的朋友发出警告，我知道我得把目光从目镜上移开了，但是月亮之上的日升实在美得令人无法抗拒，我就是忍不住要看，直到锋芒毕露的日光涌入我的视野。不痛——视网膜没有神经——但我还是怀疑我的右眼受伤了。

日光重回北卡罗来纳州的大地，我们的主人邀请我们吃午饭。我们道了谢，然后吃了烤芝士三明治。后来在餐桌边上聊天时，我突然注意到尽管窗外日光流泻如常，但其实日食并未结束。我的想法遭到了怀疑，我向他们论证我的想法，弯曲食指，形成一个小孔，在我面前的餐垫上投射出新月般的太阳影像。但我很快就后悔了。农场主和他的太太吓得脸都白了。他们圆滑得体地送我们出门，但他们显然被这种在他们看来类似于巫术的行为吓到了。

我回到纽约后，眼科医师确认，由于我继续用没有滤镜的望远镜看月球两山之间出现的第一缕直射太阳光，我的视网膜被烧出一个小洞，还出现了一些“飞蚊”，那是脱落的视网膜的小黑块，从此以后我看东西的时候，它们就像一部海底世界电影背景里没有对焦的鱼一样动来动去。所幸视网膜依然完整，不需要手术。这让我松了一口气，特别是因为我的眼睛从一开始就非常不好（我是近视眼），之前我的双眼就被认为至少一只有50%的概率会视网膜脱落或失明（结果证明这是错的）。也许失明的可能性存在于我的潜意识中，我才会执意越过安全界限，用望远镜去看太阳：如果你觉得你无论如何都要瞎，也许你就会想在还能看的时候看点难忘的东西。不管怎样我都不会后悔。一场爱情可以让你不计后果、伤痕累累，但没有了爱情，生活还有什么意义？

我还在1991年7月11日看过一场日全食，那是在夏威夷岛的一座高尔夫球场上。几千人前来观看，宾馆酒吧供应的调制酒都叫“耀斑”（朗姆酒、黑莓白兰地、酸甜汁、杜松子酒、石榴汁）或“日全食”（伏特加加上一片奥利奥饼干）之类的。浅灰色的云堆积在早晨

的天空中，在对天气的焦虑中，我觉得自己等待日全食就像在等待被行刑，除了感情上是反过来的：你希望快点发生，生怕看不成。最后云中终于及时张开一个洞，深黑色的月亮挡在太阳前面。高尔夫球道上聚集的人群中升腾起一阵满足的呻吟，透过我的小型便携式望远镜，我能看见日珥就在黑色圆盘的边缘。一阵凉风从冒纳凯阿火山的山坡上吹下来，然后遥远的、银币般的光又从宽广朦胧的世界中出现了。接着日光重现，我们心里充盈着来自远古的感激之情。

是夜，我于日落后在海滩边架起望远镜，想看看金星的白色月牙。金星很亮，能投下影子，它悬挂在西天，靠近亮星轩辕十四。下面靠近西边地平线的地方躺着水星。和金星及月亮一样，水星也有相。此刻它是凸月，也就是有一大半是亮的，但在它的表面我看不出什么东西。这是正常的："水手10号"太空探测器于1974年拍摄了半个水星的照片，照片显示它表面覆着和月球一样的陨石坑，但从地球上很难看出这样的特点，因为水星直径太小，又从来不与太阳分开太远。在夜晚要观测水星，就意味着你得在黄昏或黎明时分透过靠近地平线的大气湍流来观测它。有时候白天效果会好一些。加拿大的业余爱好者特伦斯·迪金森形容白天的水星有着和白天的月亮相似的奶油色，并呈现出"模糊的纹理，像精细的砂纸"。[65]曾有两个19世纪的观测者——英国的业余爱好者威廉·弗雷德里克·丹宁，以及伟大的意大利天文学家乔瓦尼·维尔吉尼奥·斯基亚帕雷利，他后来是米兰布雷拉天文台的台长——对水星做了大量的白天观测，但就是没法确认它的自转周期（后来被证明是58.6天，是其88天公转周期的三分之二，它是由太阳的潮汐摩擦导致的自旋轨道共振）。有趣的是，斯基亚帕雷利的水星地图上最明显的一个特征——一个数字"5"形状的标记——在"水手10号"的照片中毫无体现，它可能是在这颗行星的另一边，航天器并不能观测到。"一个天文爱好者凭借一架普通的望远镜看到我们知识的极限，这会是愈来愈罕见的案例。"ALPO的威廉·希恩和托马斯·多宾斯说。[66]能够一瞥这诡异的小小世界，顷刻它就在海面上逡巡的云堤后面消失，这真是再好不过。

几分钟后我开始看室女座内的星系，这时候一个朋友出现，就她的迟到向我道歉，问我还能不能看到水星了。我和她解释水星刚消失在低云后面，但我还是扫视了一下地平线，发现它正从一堆汹涌的雷雨云砧后面探出头来窥视。她看了一下，当我重新回到目镜前时，我发现了引人注目的东西：太平洋中部的空气如此澄澈，就在我望着水星的时候，它一点点沉入大海，像个缩微的月亮。此前我并未想到自己会看到这样的景象：地平线附近的大气一般都太过浑浊，没法在那里看清一颗正在落下的极小的行星。（传说哥白尼一生中从未看见过水星，因为他家附近的河面总是雾气弥漫。）但这次难忘的观测再次

说明，多看一眼没什么坏处。正如渔夫所言，临渊羡鱼，不如退而结网。

水星与太阳之舞当中，最令人难忘的要属水星凌日，也就是从日面前面经过。1960年11月7日水星凌日的时候我没有去上学，待在基比斯坎的家中进行观测。清晨天空湛蓝无云，我设置好了我那装着太阳滤镜的小望远镜，还有一台磁带录音机和一台短波收音机，收音机调到WWV——能够精准报时的国家标准局电台。我在《天空与望远镜》杂志中读到天文爱好者可以仔细地测量凌日时间，并给专业工作者发送数据，帮助他们测定水星直径，那时候水星直径的精确度可能只有一成。这本杂志计划发布读者发给他们的凌日时间，我则为自己第一次有机会发布科学数据而激动不已。

磁带转动着，我渴切地盯着望远镜，当我看见水星那小小的圆面出现，一个小小的黑色缺口啃噬着进入黄色太阳的边缘时，大喊道："记录！凌始外切！"下一个重要时刻是凌始内切，就是水星外缘离开太阳内缘，水星进入太阳圆面内部。因为"黑滴"现象，测量它的时间困难重重：水星圆面离开日面边缘的时候并不是瞬间离开的，而是在身后拖一条尾巴。（导致这个现象的其中一种可能的原因，是两条从略微不同的方向传过来的光产生了干涉。要想看到这个现象，你可以在白天把大拇指和食指举高对着天空，两根手指微微分开一条小缝。尽管两根手指并没有接触，但好像还是有一个小小的暗区把它们连接起来。）好，黑滴出现了，然后第一缕银色的日光分开了它，我又叫道："记录！凌始内切！"

水星在接下来的4小时里滑过太阳。到下午3点9分，也就是我的伙伴放学的时间，水星开始触碰太阳圆面的另一侧边缘，我又喊道："记录！凌终内切！"然后伴随着最后一声"记录！"，水星消失了。我寄出了我测定的时间数据，然后等待着自己被载入科学研究的史册。杂志如约刊登了它们，和其他上百名观测者的数据一起——他们来自澳大利亚、新西兰、南美洲、欧洲，还有美国各地——而且数据的确帮助提高了水星直径数值的精确程度。但当我把自己得出的结果与其他那些更有经验的观测者一对比，心就沉下去了。他们测得的时间很一致，只有几秒钟的出入，而我的误差大了一倍。我不是我们这群天文爱好者当中最笨拙的，但我做的也的确是非常平庸。下次运气好点吧，我对自己说，但离下一次水星凌日还有40年，那是在1999年11月15日。我决心看到它，如果我能活到那天。

而实际上，赴太阳与水星之约其实很容易。1999年11月15日那天是周一，时光流转，我住到了旧金山，我需要做的就是在我的房顶上架设起一架便携式望远镜，在目镜上严密地装好太阳滤镜。我好像

又回到1960年，用它瞄准水星即将出现在太阳圆面的位置，然后等待。在这两次凌日中间的几十年里，科学家对太阳和水星的研究已经足够多，从业余爱好者搜集到的凌日时间里已经得不到太多信息，但这有什么关系呢？我沉浸在我伤感的青春里。

　　天色壮美，刮着风。旗帜在微风中猎猎作响，海湾里的绿水点缀着白浪，太阳在层云间穿梭，时隐时现。凌始外切的时候，一朵云挡住了我的视线，但在下午1点22分，它移开了，我能看见水星了——一个明显的黑点，像BB弹一样清楚，边缘锐利，说明这颗行星几乎没有大气层——黑滴连接着它和日面的边缘。水星没有爽约，这么多年之后还如期出现，我感觉到一阵古怪的满足。生命无常，而宇宙的发条无情地转动。

星球摇滚：与布赖恩·梅的谈话

布赖恩·梅是英国摇滚乐队皇后乐队的创建者之一。到他50岁生日的时候，他已经写了22首热门歌曲，甚至还有一首给汽车广告写的题为《受你驱动》的曲子，最终登上英国十大流行乐排行榜。他还为皇后乐队写了流行金曲《我们将震撼你》，这首歌成了英语世界体育盛会上的圣歌，开头著名的几个小节——一段犹如龙卷风降临大地一般在空中聚集的连续音符——是他用“特殊红”演奏的。“特殊红”是他的吉他的名字，它是他小时候和父亲一起手制的。

皇后乐队一直被视为靡艳的舞台摇滚乐队，而不是一个知识分子团体，所以当我知道梅的大学专业是天文和数学，以及其他成员都有医学、人文、物理等专业学位的时候，我非常惊讶。我给梅打电话时，他正在他位于英格兰南部的住宅中，他告诉我——声音出人意料地温柔，甚至有些踌躇——他7岁的时候就“对天文和音乐充满热情，它们从未离开过我。我的第一架望远镜是我和我爸爸一起做的；大约在同一时期，我们又做了一把吉他，我到现在还在用。那架望远镜就是小小的4英寸反射镜，配有地平装置，但你能用它看到惊人的东西。我爸爸的巧手可以做出任何东西，他在电子器件方面也是天才，是个了不起的手艺人。我真希望他还在。

“如果不是音乐在我心中吸引力更大，我肯定就去做一个天文学家了。我在帝国理工学院读近红外天文学研究生——我的研究方向是行星际尘埃——读博士的几年里，我承担的是一个专业天文工作者的角色。我在特内里费岛建立起第一座属于英国人的小屋，它是现在那里的天文台的前身——好吧，我不是自己一个人建起来的，但我是组织者。”

梅的天文同事对夜空之美缺乏敬畏，这让梅很失望。“天文学家设好望远镜，就不再费心抬头看或者‘哦哦哦’地惊呼了，”他说，“但我对天文的感觉和我对音乐是一样的，是出于本能而不能解构。首先要有‘哦哦哦！’的惊叹——音乐和天文里都有纯粹感情上的愉悦因素，让你受到美的洗礼。此后你才能解构它，但如果一开始你不能完全沉浸其中，我觉得你就会错过最好的那个部分。科学家沉湎于所谓的解释，但那其实只是事实之间的联

系。这世界有许多事物是在此以外的，与自然之美有关，与我们在宇宙中的这一隅有关。我把很多时间用来欣赏草木、花朵和澄澈的夜空。我不希望这听起来有自夸或挑剔的意味。

“人们有时候会问，我会不会把自己对于天文的兴趣带到我的歌里。我确实写过一首歌，叫《39》，这首歌讲的是一个人以相对论性速度漫游太空。由于狭义相对论的时间延迟效应，百年后他回到家，年纪还和离开时一样。这首歌在皇后乐队的一张题为《歌剧院之夜》的专辑里。

“我有一架小望远镜，我也观星——这是专业天文工作者一般不大会去做的，他们并不经常抬头看星空——我还有一副大块头的双筒望远镜，用来看彗星。如果能看到彗星，我就很兴奋。我们其实已经失去了夜空之美，你知道吗？你看那些飞越伦敦上空的大彗星的老照片，那是人们站在街上就能看到的东西，真是太奇妙了，那时候没有那么多电灯。如果现在有大彗星，恐怕只有很少的人会看到它。不过还是希望我们能有这么一颗！我们生得太晚了，你不觉得吗？”

第八章
晨星与昏星

更多的星辰使天空增色，

在智者的心目中，

它们比灯泡或弧光更加神圣。

因为它们的目的是闪烁发光，

而非夺走宝贵的黑暗。

——罗伯特·弗罗斯特，《有文化的农夫和金星》

……我转向了你，

高傲的金星啊，

你远远地发着清辉，

那光束会愈发珍贵；

因为喜悦在我心中

就是你在夜空

所具有的那份骄傲……

——埃德加·爱伦·坡，《金星》

金星是裸眼能够看到的天空中最好的景物之一。它的光芒仅次于太阳和月亮，光色纯白，一直以来人们都被这种美丽所震撼。无怪乎苏美尔人、波尼人，还有古希腊人和罗马人，都以魅惑的女性形象为金星命名。

金星独特的相位变化和天空中复杂的运动轨迹又赋予它知性诉求。金星比我们更靠近太阳，所以在晨昏时分它从未高出过从地平线到天顶的一半。这是它俗称的由来：早晨金星在日出前升起，我们叫

它晨星；晚上它在日落后升起，我们叫它昏星。它从初现期开始，在6个月左右的时间里所绘出的视轨迹呈现出非常美丽的图案，这是由其公转运动和地球的公转运动造成的。

这些图案有的像尖锥一样窄，有的则像船帆或吉他拨片一样宽。还有些时候，金星沿自己的轨迹退行，好似在走“8”字圈。

地球与金星的轨道都严格地遵循5:8的共振。金星作为晨星在早晨出现的时间为584天，584乘以5等于2920，再除以8等于365，这是一个地球年的天数。结果就是每52年，两个循环就会同步一次；因此金星出现在天空中某一位置，在52年后的同一天，它会回到这个位置。这是因为金星绕日公转周期为224天，追上地球的时间约为584天，但早期的观测者在不了解其公转的情况下并未能发现其中的关系。古玛雅人在奇琴伊察建立了椭圆天文台，那是一座模样酷似现代天文台圆顶屋的天文台，用以研究金星的运行。他们把这52年的周期叫作历法循环，并加之以重大的意义。羽蛇神是玛雅神话中一个浅色皮肤的神，据考证是金星的化身。据说他消失于东方，去建立新的世界，并预言他有朝一日会归来。他的回归与历法循环周期的顶点一致。他们笃信这个神话，并因此造成了1519年玛雅的灾难——就在这一年，除了皮肤是浅色，其他方面与神毫无相似之处的征服者埃尔南多·科尔特斯登陆这片新世界。蒙提祖马相信科尔特斯就是羽蛇神，没有抵抗。接下来的毁灭有如江河，玛雅文化中关于天文的书只有一本留存下来。

金星崇拜仍旧流传——玛雅历在中美洲偏远地区还在使用，而内布拉斯加的波尼族斯基底人还于1838年4月22日黎明前，向金星献祭了一位少女——所幸倾慕这颗耀眼行星的越来越多的人是天文爱好者而非巫师。金星在亮度最大的时候，白天很长时间内都裸眼可见（如果你知道往哪看），而它最适合在白天用望远镜看：你可以在它很高的时候研究它，那里大气湍流少，而且明亮的天空背景使观测更加容易，因为夜晚黑色的天空与行星明亮的表面对比度过强。新南威尔士州天文学会的尤金·奥康纳发现，只要他选择一个金星距离太阳不是非常近或没有躲在太阳身后的时间段，用双筒望远镜就可以终年观测到金星。（他很小心地不让双筒对准太阳。）“只需要一点细心、一些练习和不算太差的视力，任何人都能在一整年内看到金星——只要选对年份，”他记录道，“找的时候让你的眼睛对焦到无限远，然后就等着让金星形状的东西闯入你的视野——比如漂浮的种荚，更不必提一直打乱你思路的飞机、迁徙的鹈鹕，还有——你可能都不信——飘动的蜘蛛网。”[67]

金星相位与月亮相似，曾让伽利略很震撼，他记录说，这就支持

了哥白尼关于行星绕日公转的理论。伽利略于1610年观测金星，然后用拉丁语易位构词法向约翰内斯·开普勒传达了一条可能会被视作异端的消息：“Haec immatura，a me，iam frustra，leguntur—o.y.”，即“我读这些未成熟的东西”。如果把顺序重新排列，其实是“Cynthiae figuras aemulatur Mater Amorum”，即“爱情之母（就是金星）有着辛西娅（就是月亮）的盈亏”。因为金星向地球靠拢的过程当中，它的视直径会增大。它一开始是一个只有10角秒的凸圆盘，到下合的位置（就是最接近地球的点）时，会变成一个可达48角秒宽的细长月牙，在我们的天空中比巨大的木星还要大。

早年使用望远镜的观测者就在金星表面看到了稠密大气层存在的证据。有时候月牙的尖端会延伸到球体的暗面——形成“尖端延伸”——有些不同的观测者报告说，暗面有时候也会发出微弱的“灰光”，像月亮上的“地照”。列奥纳多·达·芬奇认识到月球上的地照是由地球反射太阳光形成的：当月球对我们呈现出月牙形状时，从月球上看地球正好是接近圆形的。但金星上的灰光如果是真的，那也一定是别的原因产生的，到底因为什么，至今仍旧众说纷纭。有些人提出“气辉”产生说，那是日光电离金星大气上层时释放出的能量。还有些人则不以为然，觉得那是一种视错觉。

在很长一段时间周期内，会有两次金星凌日。两次凌日成对出现，一对凌日之间相隔8年，两对之间相隔120年。在17世纪、18世纪和19世纪，每个世纪都出现过一对凌日；20世纪没有；21世纪会有两次，分别在2004年6月8日和2012年6月5日至6日。“最近一次凌日发生之际，正是文明世界从昏昧时代中醒来的时候，”美国海军天文台的天文学家威廉·哈克尼斯在1882年的时候写道，“那令人惊奇的引导我们通向现代先进知识的科学活动正刚开始。天知道下一次凌日时间到来时，科学会发展到什么阶段。”[68]

1761年，米哈伊尔·罗蒙诺索夫在俄罗斯圣彼得堡大学天文台观测金星凌日时，发现了非常明显的“黑滴”现象，他将其归因于金星拥有“一层不会比我们地球少的大气”。[69]前赴后继的观测者在金星的云上寻踪觅迹，希冀了解这颗行星的自转周期，或者在云层中透过一个洞一窥金星表面，但大多数这样的计划都不得善终。所有公开的关于金星自转周期的估算都是错的，而当云容易看到的时候——你看金星时其实只能看到它表面覆盖着的云——那些假定的云层图案其实都只是错觉。实际上，有能力的观测者的特点是拥有细致观测金星的自觉，不会以为自己看到实际上不存在的东西，也不会执着于寻找云的图案。富有的德国天文爱好者约翰·施勒特尔说，他曾看到日光照亮了穿透金星云层的山巅。而威廉·赫歇尔经过长期冷静的观察后宣称，金

星表面是无任何特征的。行星观测者伯特兰·皮克就曾对望远镜造成的错觉提出过警告，他曾称赞艾伦·希思——一位年轻的英国天文学会会员——对金星的观测。

“可是我几乎什么都没看到啊。”希思回道。

“正是因为这个。”皮克说。[70]

只有一个很著名的例外，就是法国天文爱好者查尔斯·博耶。博耶受训成为一名律师，从1955年开始在刚果的布拉柴维尔任政府职务。他发现那里的空气异常稳定，就建造了一架10英寸反射镜，然后写信给他在日中峰天文台的天文学家朋友亨利·卡米歇尔，请后者提一些值得观测的项目。卡米歇尔建议博耶试着拍摄金星的紫外波段。天文学家早就发现金星云层在可见光波段下是不透明的，但在紫外波段下显示出一些黑暗的特征，尽管这些特征太过模糊、难以辨认，无法得出一个清楚的自转周期。博耶的望远镜没有受时钟驱动的赤道装置，一般拍摄长时间曝光的天文照片都需要它，所以他制作了一个竖立装置，它可以让相机在焦面上移动。他用了慢速胶片和一个紫色滤镜——不是紫外滤镜，而他的金星图像就只是乳化剂上的小点。一般人根本分不清上面的东西，而博耶却宣称看到了4天自转周期的证据。卡米歇尔也看到了，这对专业天文工作者和业余爱好者就这个4天的周期合作了一篇文章，这篇文章于1960年出现在一本非常流行的杂志《天文》上，他们还有两篇文章发表于技术期刊。

同时期另外一位业余爱好者罗杰·戈登在用紫外滤镜目视金星。尽管他对博耶和卡米歇尔的发现一无所知，但他自己也得出4天周期的结论，并于1962年在他的天文俱乐部通讯里发表了一篇关于这个主题的文章。“我对我的发现并没有多少自信，”

他谦虚地写道，“如果我错得离谱我也不会很惊讶。”[71]

就金星的自转周期来说，博耶、卡米歇尔和戈登确实错得离谱了。1962年美国和俄罗斯科学家发射的雷达回波从金星返回，揭示出金星绕自己的轴旋转一周需要243天——方向和其他大部分行星都相反。（如此奇怪的情况的形成原因尚不清楚；也许是早期的一个大型天体曾击中金星，使其反转。）“我真想钻进一个洞里。”戈登哀叹道。博耶和卡米歇尔还是勇敢地在一本叫作《伊卡洛斯》的美国行星研究期刊上发表了他们关于金星云自转周期为4天的论文，但卡尔·萨根（后来成了哈佛的年轻天文学家）评审了这篇文章之后嘲笑说：“4天自转周期从理论上来讲不可能，它只能说明无经验的天文爱好者做出的工作多愚蠢。”[72]这篇文章被拒了。博耶、卡米歇尔和另一位法

国天文学家伯纳德·吉诺继续观测金星，继续提出4天周期的观点，在这个周期内同一片云的图案会穿过行星圆面。

僵局持续到1974年2月，“水手10号”飞行器飞掠金星，拍下了紫外波段的照片。由“水手10号”拍摄的静态图片组成的动态视频显示，金星大气和下方坚硬的行星地面不一样，它确实是以4天为一个周期自转的。问题就在于云层的自转和云层下方行星的自转并不一致。但业余爱好者还是对的。

从“大体解剖学”上讲，金星和地球是一对孪生子。金星的直径是地球的95%，质量是地球的85%，表面重力是地球的90%；它的轨道半径是我们地球的70%；如果仅看它的苍白的云层颜色，那些云和地球的看起来也很像。了解了这些（除此之外也没别的了，因为云层的关系），有些科学家和学者对这种相似性的推断越走越远了。这种夸张的推理链条被卡米耶·弗拉马里翁于1884年拉伸到极限。弗拉马里翁原来是神学学生，他的工作就是业余天文和专业天文的混合。他对夜空有种浪漫的热忱，这也是他的书得以流行的原因，但他也有不理智的时候。在《天上的地球》一书中，他推断金星因与地球有着“几乎一样的体积，一样的质量，一样的密度，（还有）一样的表面重力”，所以它一定还有“和地球相同的昼夜长短，相同的大气，相同的云层，相同的降水”。[73]前面四种相似性是不假。第五个也有一定的科学依据——当然是建立在那个时候对自转周期极度不精确的估算的基础上——但弗拉马里翁对大气、云层和降水的猜测都没有证据支持，错得离谱。

还有一些推断也错得离谱，其提出者认为，这颗被云层覆盖的行星距离太阳更近，一定会有类似地球上的热带雨林。雅克—亨利·贝尔纳丹·德·圣皮埃尔（1737—1814）是哲学家让—雅克·卢梭的一个弟子，他在他的一本书中发布了一张版画，想象金星的居民像“塔希提的快乐岛民”一样。诺贝尔奖得主、化学家斯凡特·阿伦尼斯于1918年形容金星是一个滋养着巨大且寿命短暂的植物的“湿漉漉”的温床。加勒特·瑟维斯在他1888年的一本畅销书《观剧望远镜里的天文学》中提出，金星大气可能“供应着数以百万计的智慧生物的呼吸，大气中颤动着舌语的旋律，和地球上的一样富于表达力”。[74]非常有影响力的科幻插画家弗兰克·R.保罗（1884—1963）在《神奇冒险》杂志中，称金星“几乎是一颗丰饶的热带星球……一个年轻的世界，危险重重，还可能有怪物”。[75]1960年，美国火箭学会的创办人、科学记者G.爱德华·彭德雷提出，“金星可能会成为一个非常宜居的地方……到处都像佛罗里达一样”。[76]洁白的云像一块白板，人类可以在上面肆意挥洒自己的想象。

在1960年开始的一系列无人探测器任务中，美国和苏联的太空探测器开始靠近金星，现实粗暴地闯入了。巧合的是，这两个在“冷战”中相互竞争的超级大国，它们的任务策略完美地互相补足。苏联发送了一系列“金星号”登陆器；而美国用“水手号”和“先驱者号”飞掠探测器从太空为这颗行星拍摄照片，最终在1990年用“麦哲伦号”探测器绘制了金星的地图。

尽管美国的新闻对“金星号”任务反应淡漠，但它确实算得上是自动航天器历史上的创举。从1961年开始，20多年里，俄罗斯会在几乎每个发射窗口发射一个新的改进过的“金星号”。（这种窗口得要19个月，飞行器得在金星下合之前、金星昏见的时候发射，然后在合之后、金星晨见的时候抵达。）早期的尝试都以失败告终。“金星1号”和“金星2号”在路上就夭折了。“金星3号”撞向了金星，在此之前信号传输就中断了。“金星4号”用降落伞着陆，传回了高得惊人的大气压强和温度的信息，在距地面还有16英里高的时候陷入沉寂。再往后的三次任务都由于各种原因失败，但“金星8号”于1972年7月22日设法安全着陆了，并且“存活”了将近1小时。照片和数据传了回来，结合美国的飞掠探测器对金星的探测及后继的金星任务，终于弄清楚金星不是塔希提。它的表面不是湿润的，而是干燥的——比地球至少干燥100倍。它的温度达到了严酷的864华氏度——比其他任何一颗行星的表面都要热，足以融化岩石；借用路易斯·阿姆斯特朗在歌曲《沙得拉》中的歌词，就是“比它应有的温度还要热7倍”。大气中97%的成分是二氧化碳，氧气含量少到测不出；它的气压是地球海平面气压的90倍，接近于地球上潜水员下潜到900米深时的体验，可以压扁潜水服。云也不是水蒸气构成的，而是蓄电池酸液。它的环境是暗红色的，充斥着硫黄的味道。就算是最坚定的无信仰者，如果发现自己在金星上，他在生命最后几分钟里，估计也会觉得自己是在地狱里。

后面的研究是在“麦哲伦号”雷达绘制的金星表面地图的基础上，集中解决一个悬而未决的问题，即这个表面上看起来与地球如此相像的行星，为何又如此迥异。天文学家提出一种理论：金星上惊人的高温和干燥是由失控的温室效应导致的，云层下大气中大量的二氧化碳锁住了太阳的热量。据推测，金星和地球一开始是有着相同的化学构成的，因为两者都是在与太阳距离相近的地方由同一片太阳星云凝结而成，那么它们为什么没有演化成相似的模样？对此有很多种说法，最简单的答案就是尚无人知道。

还有两个考虑让这个问题更加棘手。一个是金星上氢与氘的比例表明金星可能曾拥有海洋，其规模可与地球上的相比。行星科学家计

算出那些海洋可能在这颗行星的45亿年历史中存在了一半时间，一直到一些因素——可能是失控的温室效应——把它们煮干了，水被蒸发成水蒸气，升到大气层以上，太阳紫外线将氧绑入二氧化碳分子中去，而氢被吹入太空。另一个则是金星的表面从地理上来说是很年轻的，大约形成于6亿年前。这可以通过计算撞击坑来推测。尽管金星厚厚的大气可以保护金星表面免于被直径小于1千米的陨石击中，但在“麦哲伦号”雷达地图上，还是可以看到撞击物多次撞击后留下的至少963个陨石坑。也许金星经受过火山活动的悸动，然后，用天文学家戴维·格林斯波恩的话说，就是“把自己从里到外翻过来了”。

对于观星者来说，金星在天空中还是保留着美丽的外表，过去人类曾献身于这颗晨星和昏星，但现在它美丽的外表又添了一层恐怖。

如果金星在几十亿年里拥有过海洋和温和的气候，那么可能也会有生命在那里，紧接着火山的剧变抹平了一切痕迹。如果失控的温室效应得为这气候灾难负责，那么人类就应当为此紧张了。我们生活的地方是金星的兄弟，我们处于工业化时代，我们这颗星球的温度正在升高——人们认为，至少部分原因是大气中工业产生的二氧化碳水平升高。格林斯波恩和他的同事写道：“金星上的环境和它的发展道路为人类敲响了警钟……无论金星看起来多么遥远，对它的研究对于气候变化的普遍原则来说都至关重要——我们也能因此了解我们自己家园的脆弱和坚强。”[77]令人担忧的问题是，从我们满目疮痍的星球上看金星时，它是不是代表着我们的未来？

发现之父：拜访帕特里克·摩尔

帕特里克·摩尔是天文科普元老，我最早从中学习观测月球和行星的书就是他写的。他关于使用望远镜的建议友好明快，富于启发性，我非常乐于照他说的做，他画画的风格也是这样——用黑色墨水画月球陨石坑，用炭笔和色粉画行星——我在他的著作《天文爱好者》上描摹那形状矮胖扁圆的木星圆面，描了太多次，以至于木星那一块几乎要从纸上脱落，留下一个木星形状的洞。他那温和有礼又充满热情的写作风格帮助我将天文与更广阔的文化连接起来——尤其是英国更成熟的业余天文传统，那是改变世界的科技改革的驱动轮。16岁的时候，我带上摩尔的一本书，和我父母坐船去英国，有一天，我正读着那本书，正好从甲板上看见南安普敦的绿色海岸映入眼帘。40年后，在2000年的夏天，正是在那片南部海岸上一个叫塞尔西的小村里，我终于见到了摩尔。

“啊，你来了！”他声音洪亮，为我打开了门。他从1966年起就住在这栋建于17世纪的房子里。“吃午饭吗？”他一瘸一拐地钻进我的车，我们开了几百米，到了附近的餐馆。

“只是暂时瘸了，但我感觉自己变得很暴躁。”他气呼呼地说，我们把车停在海豹旅馆前。“我平时玩板球——我擅长投旋转球——但显然这些天我没法玩了。我像个70岁老头一样到处乱走。其实我就是77岁，不多不少。但一般我可以赶得上40岁的人。”

伟大的摩尔缓缓走下人行道的景象，几乎让这个村庄交通瘫痪了。这个高大的男人戴着单片眼镜，蓬头皓首，声音洪亮如丘吉尔——优美的广播员嗓音，充满感情又一丝不苟——这已然成为国家标志，摩尔一度是大不列颠最著名的人之一。他很快被授予爵位，他的BBC电视节目《仰望夜空》每个月固定播放，43年不曾间断，作为世界上单人主持的、上映时间最长的电视节目入选《吉尼斯世界纪录》。我们走进旅馆，在吧台边坐下。摩尔为我叫了一杯双份伏特加，自己叫了一杯双份琴酒，又热心地请酒保喝了一杯。我在书上看到过他从来没有去过学校，遂问起他的童年。

“我心脏不太好，”摩尔开心地说，“从6岁到16岁我都没法上学，只能待在家里。即便如此，我受的教育还是比大部分孩子多。因为我也没别的事情可做。我的天文学启蒙是从我母亲的一本书开始的，它是皇家天文学会会员乔治·F.钱伯斯的《太阳系的故事》，1898年出版，价格是6便士。我买了一幅星图，弄到一副双筒望远镜，自己了解星空。我什么都得自学。我在我祖父的1892年的雷明顿打字机上学会了打字。那台打字机我现在还留着，但我现在用的是1908年的伍德斯托克。我用它1分钟可以精确地打90个单词，而在电脑上我1分钟只能打五六十个单词。

“我11岁的时候加入了英国天文协会，13岁的时候在英国天文协会期刊上发表了我的第一篇论文，是关于月球上的小环形山的。我是用我的13英寸折射镜进行工作的。打仗的时候我自己知道，如果我参加陆军或者海军，我连10分钟都撑不下去——但我还指望自己能飞呢，于是我就去了。我在英国皇家空军申请表上虚报了自己的年龄，还改了自己的体检表，他们把我招募进去了。我在轰炸任务中任导航员，大部分时间在英国北部，必要的时候自己也会飞一点。有一次我得开着一架载着五个人的飞机着陆，因为飞行员受伤了。当时德国人正朝我们射击呢——真是非常不友好啊——然后飞行员就受伤了。我18岁的时候他们才查出真相。我对面的军官跟我说，他们了解到我虚报了年龄，篡改了体检表。‘但是，’他说，‘你17岁的时候就已经是皇家空军的服役军官，所以我想现在唯一要做的事情就是邀请你去食堂和我喝一杯。’

“给你满上？”摩尔不易察觉地对酒保做了个手势，又一轮酒端了上来。

战争中断了他的学习，摩尔未曾有机会进入大学。不过，美国的一家出版商在英国的协会找到他，请他写一本关于他最喜欢的话题——月亮的科普书。《月球》一书收获无数读者，开启了他的作家生涯。到现在为止他已经至少写了60本书。（我问摩尔是多少本，他说：“我也不知道——很多吧，我猜。”）当中有些书我读过不止一遍，他熟练运用大量科学文献，技术扎实到几乎成为一种艺术，可用小望远镜做出可信的观测，这些都让我叹为观止。

摩尔看菜单的时候会在右眼戴上单片眼镜。单片眼镜很快就掉下来，摩尔又重新戴上，就像给烟斗重新点火一样慢条斯理。“我总是戴着我的单片眼镜，”他说，“它已经成为我身体的一部分。我16岁的时候就戴它了。他们想给我一副左半边是平光镜

的眼镜。我说：‘平光镜有什么用呢？’”

我们又去一张桌子前坐下，迎来众人的侧目。一个年轻人走过来，递上一张纸，然后说：“打扰一下，摩尔先生，可以给我签个名吗？太感谢了。很抱歉打扰您。您真是个大明星，先生！”又一瓶冰镇的白葡萄酒伴着两盘多佛比目鱼端了上来。

我和摩尔谈起他的月球研究。他的月球地图大部分都基于他自己的后院观测，但却坚实可靠。俄罗斯的“月球3号”自动探测器拍下的第一张月球背面的照片，就是用他的月球地图做的调整；美国为载人航天器“阿波罗号”着陆做准备的时候，导航员也查阅了这些地图。“我不是一个研究者，”他沉吟道，“我没那个脑子。我是个月球地图测绘师——我的主要工作就是画月球地图——而我的研究几年前就完成了。但如果我能为别人的工作帮忙，我也很乐意。”我被他的与众不同搞得有点糊涂，当然也有酒的原因；摩尔又叫了一瓶酒——我问了一个很蠢的问题：“你不算是一个非常追求发现的人吧？”

“我曾有过一次发现，”摩尔温和地说，“东海，在月球西面边缘处。”

我不禁扶额。东海是月球上最大的撞击坑，像一只充满恶意的公牛眼，比尼加拉瓜还要大。它就在月球可见部分边缘的中间，一般认为它是在月球背面由太空探测器发现的。但它的外层边缘偶尔也会进入地球上人类的视野，这是由月球天平动造成的：由于我们看月球的角度在变化，加上其固有的摆动（它每月都会摇晃一两下，南北向和东西向都有，就像人点头、摇头表示“是”和“否”），只要时间合适，我们在地球上能看见将近60%的月球表面。20世纪30年代，摩尔在萨塞克斯用他的12.5英寸反射镜绘出了靠近月球边缘的天平动部分的地图，绘出了东海外层边缘，确认它属于一种未被发现的地貌，还为它取了名，就是我们今天熟知的东海（意思是“东方的海”）。我竟然忘了这个。[78]

“还有那个叫爱因斯坦的环形山，”摩尔补充道，“也是我发现的——那次可是好险呢。给你满上？

“天文学是业余爱好者也有用武之地的少数学科之一，”摩尔补充道，“业余爱好者为天文学带来的最大帮助是观测的持续性。如果火星上发生一场尘暴，或者是土星上出现一个新的白点，那肯定是业余爱好者发现的。我自己就发现过这么一个白点

——非常小的一个——那是在1961年。我还看见了威尔·海在1933年看到的那个。要咖啡吗？”

“好的，谢谢。”

“爱尔兰咖啡？”

我打算买单，却没有账单递上来。“没门，”摩尔友善地说，“这里是塞尔西。你在我的地盘上呢。”我们从餐馆门口出来，走入绚烂的阳光，沐浴在清凉的海风中。

“塞尔西是‘海豹的岛’的意思，”摩尔解释道，“但我从来没在岸边看到过海豹，这也不是个岛，反正就是这里。我不打算离开这里了。我有了自己想要的房子，在我想住的地方。”

“你航海吗？”

“不。我在海边住，但我并不真正了解大海。天空是我了解的。我生活在天空中，脚踩在大地上。”

回到摩尔的家，我们穿过门厅，那里杂乱地摆着小型望远镜和四个俄罗斯的月球仪。我参观了几个房间，四下里堆着高高的书、科学期刊、相机、双筒望远镜，还有俄罗斯、欧洲、美国的太空项目的纪念品。我们坐在书房里，这里充斥着时钟嘀嗒和报时的声音，木板墙上没有堆放摩尔的书的空白处，挤满了奖状、奖牌和荣誉学位证书等。摩尔点燃一支烟斗，递给我一支雪茄，然后在我面前放了他早年的一堆观测日志，装订好的分类册子上简单地题着“火星”、“木星”和“金星”。内页里有画得很仔细的插图，是在黑色背景上以彩色铅笔描绘的，伴以黑色墨水写的简洁注释。这些东西奇异地重现了我的记忆，因为我曾自学画天体，而风格正来自他——而他的风格则部分来自他童年阅读的乔治·钱伯斯的《太阳系的故事》，那本书以其明晰的绘图而著称。我面前是摩尔为1956年火星大冲所绘的图和所写的评论，那次大冲恰又是我成为一个天文观测者的契机。1956年8月8日：“我见过的……最佳目视条件。现在相位是95%。冰盖是有界线的……”10月18日：“也许是大冲期间最好的目视条件了。”

摩尔给了我一份他自己做的礼物，那是他的一张CD（他曾创作了两部歌剧和一系列军队进行曲），这时候两个年轻人踱进来，摩尔介绍说，这是两个天文爱好者，也是电子专家。一个是克里斯·里德，他是欢快的金发青年，笑眯眯的，很少说话；另一

个叫蒂姆·赖特，他是一个清瘦的小伙子，穿着牛仔裤、深蓝色T恤，戴着巨大的飞行员眼镜，说话时带着强有力的停顿，像一个亲力亲为的成功人士。他们解释说，他们是来这里测试一架偶极射电望远镜的，望远镜装在摩尔的家里，其中一部分很快要搬到南部丘陵天文馆，那是个拥有星空投影仪的公共机构。星空投影仪是摩尔从北爱尔兰的阿马天文馆抢过来的，那是他早年建立并负责管理的天文馆。

“我的注射器呢？”赖特嘟囔道，“别误会，我不是要吸毒，我就是得清洁一下我的注射器。”他在一个装满小零碎的盒子里找到了注射器，在水槽里把它洗了洗，然后装满墨水。书房角落里有一个射电望远镜的图表记录器，他把墨水注射到记录器墨盒里。他仔细查验着昨晚的图表记录，长长的单子上印着蓝色墨水线。“帕特里克，42.5度倾角上的那个很强的射电源是什么？”他问。摩尔看着邮件，头也不抬地说：“仙后座。”

“什么时候？”

“从午夜到凌晨4点都很清楚。”

“好的，那就是那时候了。”望远镜检测到了“Cas A”——一个距离地球11000光年的超新星遗迹。赖特在图表上做了个记录，又往后看了看，然后宣布道：“昨晚22点30分和23点，出现了两种可能：要么我们发现了一颗超新星，要么就是你的邻居在用电焊机。”

我们出门来到宽阔的后院，去检查那架射电望远镜。它由两根线组成，每根有2.4米长，接在一台老旧的接收器上，在60兆赫波段工作。“两根天线相隔300米，这就变成了一个300米孔径的偶极射电望远镜，”赖特解释道，“后面会更大。其中一根天线会安装在南部丘陵天文馆，另一根留在帕特里克的后院里。一段射电信号以光速传播，被两根天线接收，我们用这两根天线接收到信号的时间差来测量它在天空中的方位。当然，我们也受到不少干扰，包括西班牙、俄罗斯和意大利的电视台信号。”

我们检查了摩尔的望远镜，每架望远镜都安装在自己的观测室里。其中有一个巨大的绿桶，上面盖着平顶，看上去像个储油罐，那里装着一架40岁的15英寸牛顿反射镜，镜身是木质的，装置庞大。“看上去很老式了，我承认，”摩尔说，“完全不用电运行。电脑操作的望远镜就不是我的菜。我是个天文学界的恐龙——目视月球和行星现象的观测者。海王星轨道外的世界离我太

远。”

10米开外立着个高大的圆形棚子，其尺寸相当于一艘远洋邮轮的烟囱，那里有一架5英寸的折射镜。赖特漫不经心地将它往太阳的方向瞄准，在一张斑驳的维修记录纸上投射出太阳的影像。这是太阳活动大年，黑子点缀在日面上。旁边一个精致的、有窗户的八角硬木观测室里装的是一架8.5英寸反射镜。摩尔解释说，他原想把它建在他之前那栋房子的前院，所以设计得好看些。我们又打开另一个观测室——就是个简陋的小棚子——里面露出一架12.4英寸的反射镜，它架在一个简单的地平装置上。

“这个镜面很好，”摩尔说，“我在这架望远镜上花了多少时间？天哪，我自己都不记得了。我估计有几万个小时吧。我就是用这架望远镜发现东海的。”他满足地叹口气，靠在小棚子的门上，看着傍晚的天空，云正在聚集。他看起来彻底放松下来，但其实并不需要很敏锐的洞察力，也能看到他外表下藏着的孤独小男孩，这个孩子被迫离开学校，待在家中，为寻找同伴而探索其他世界；还能看到那个在战争中战斗的男人，他保守着身份的秘密，然后成为一个作家——这是世界上最孤独的职业——被名人的光环笼罩了半个世纪。

“我和尼尔·阿姆斯特朗很熟，”他说，“我也见过奥维尔·莱特。你知道吗，世界上第一个登上月球的人和世界上第一个飞行员本可以见面的——本可以，但没有。你有妻儿吗？”

“有的。”

“我真羡慕你。我一直想有一个妻子和一个孩子，但我没有。我成长在一个非常时期，这本不是我的错。”他的脸又亮起来。“我的教子亚当今年20岁了，他马上就能拿到大学学位，他打算和我一起住，”他说，“我真是高兴。”他又靠在门上，轻松地笑着，审视着逐渐变暗的天空。

第九章

月舞

夏夜的月——

拍着手，

我预示着黎明的来临。

——松尾芭蕉

就在夜幕拉开之际，

月亮开始讲述奇闻逸事，

每夜对着侧耳聆听的大地

重复有关自己诞生的故事。

——约瑟夫·艾迪生

1999年冬至这一天，在夏威夷拉奈岛的海滩上，一些游客坐在草坪的躺椅上，啜着热腾腾的咖啡，一边欣赏着大海，一边看一位天文馆讲解员设置着一架配有巨大德式赤道装置的11英寸施密特—卡塞格林望远镜，准备观测满月。媒体正为这次不寻常的满月写头条新闻。它发生于北半球一年中黑夜最长的这一天，同时月球靠近近地点，近地点就是月球轨道最靠近地球的那一点。今晚月亮将比平时近50000千米，也因此要比在远地点的时候大14%。讲解员是个壮硕的中年男人，穿着一双很旧的跑鞋。这是个经验丰富的观测者，但今晚多云，他开始有些慌乱了，失口说今晚是130年来月亮距离地球最近的一次——其实月球每次在近地点时都可以这么近，1930年1月15日的那次近地点满月比这次还要近416英里——但我并不打算纠正他。他正试图安抚一群等得不耐烦的观众，而到现在还没什么能给他们看的。

我也曾有过类似的经历。我想起有一晚在黄石公园的山上，我向一群亿万富翁展示夜空，他们提了很多问题。

我当时并不很紧张，但我抬头将便携望远镜瞄准天空的时候，发

现自己一个星座都认不出。它们全部消失了，就好像我们都搬到了一颗遥远陌生的星星上去一样。害怕不能解决问题，所以我就做了个深呼吸，等了片刻。星座又出现了，我重新投入工作，但这段插曲从此成为我的梦魇。

所以今晚，在夏威夷的云层之下，我尽力避免给那个在阴云下奋力演讲的讲解员制造更多压力。一小拨观众已经在朝身后度假酒店的温暖灯光聚集过去，就在这时候云中开了一个洞，月亮露了出来，尽管受云雾干扰，呈现出故事书插图中柔和的银色，但依旧明艳动人。这景象就好像银器匠将月球上男人的面孔蚀刻在一只椭圆托盘的中央，并用精妙绝伦的金银丝缠绕出热带云气的效果。望远镜中出现了一缕光线，讲解员放松下来，驾轻就熟地讲起了月球的陨石坑和月海。

月亮是夜空中我们最熟悉的、某种意义上也最不寻常的天体。它那么大——直径接近地球的四分之一，是太阳系中相对于自己公转的行星体积最大的卫星。（唯一的例外是绕冥王星运行的冥卫一，但冥王星也不能算是行星。）所以夜空中明亮浑圆的满月——纷争与艳遇都归咎于它——真是不同凡响。在其他几个类地行星中，水星和金星没有任何已知的卫星，火星有两个非常小的卫星，即火卫一和火卫二，它们更像是被引力捕捉到的小行星。月球不大，密度也比地球小，这就引发了一个问题：月亮是从哪里来的。有些观星者觉得月球很乏味，或觉得它已经没什么可以研究的了。但地球和月亮错综复杂的漫长历史从未被真正了解过，这恰恰证明了那句老话：不识庐山真面目，只缘身在此山中。

裸眼看月亮，它就是个微光闪烁的圆盘，上面散落着些许暗区——maria，或者叫“海”。技术精湛的观测者、天文科普工作者约瑟夫·阿什布鲁克记录道，“月球表面其实有相当多的特征”可以在晨昏时分用裸眼看到，因为那时候耀眼的光少一些。[79]一般人很难忽略月球的光和那些暗区的图案，你会联想到古人对此有许许多多的解释。

事实上也的确是有一些。在公元1世纪的时候，敏锐的天文观测者普鲁塔克写了一本书——《论月面》，列举了最流行的一些理论。[80]普鲁塔克列举的对于月面痕迹的比较流行、“人人都在说”的解释中，关于月球其实是个石球、月面上的痕迹类似于地球上的大陆的观点（还有人说月球是镜子，可以反射地球的图像），听起来是比较合理的。果真如此的话，为何它从不落在地球上？问题就在这里。常识认定——包括亚里士多德在内的很多伟大思想家也同意——地球是宇宙中唯一的一颗行星。石头会落地，所以如果天上有石头的话，它们最终都会落地。因此天上的一切物体都应该是由更轻的物质构成。这

所谓的“第五元素”又叫以太，被认为是纯洁无瑕的物质，所以如果看到月球上有任何印迹，那绝对是错觉。

古代思想家了解月球特征的尝试终告失败，原因并非他们缺少思辨能力——亚里士多德和普鲁塔克都是非常理性的人——而是他们缺乏足够的技术：他们没有望远镜，不能在真正意义上研究月球表面的印迹。科学的发展常常意味着“理性”的苏醒，如果你回顾焚烧女巫、苦修者在瘟疫流行期间鞭打自己的时代，你会发现事实也的确如此。但若我们回顾古典时期，并向外扩展到亚洲和阿拉伯世界的文明，我们会发现，理性在相当长一段时间内从未成为主流。让科学成为可能的，并非是理性的觉醒，而是技术。伽利略、赫歇尔和哈勃并不比古时候其他伟大的科学思想家更聪明，他们只是拥有更强大的设备。他们的赫赫功勋冲淡了技术对此的贡献，他们的传记作者羞于承认这些杰出的天文学家是凭借可靠的硬件而非“纯粹”的思考取得成就的。但他们其实大可不必为此感到羞赧。没有工具的天文学家什么都不是。

1609年英国的托马斯·哈里奥特将望远镜第一次瞄准月亮，接着观察更彻底的是意大利的伽利略，人们很快就很清楚，月球和地球一样，有山也有谷——而且也许还有海，尽管1647年天文爱好者约翰·赫维留创造的maria这个词诗意盎然，从而避免引发那里是否有水的现实冲突。“月球从未有过光滑的表面，而是粗糙不平，就和地球一样，到处充斥着巨大的凸起、深深的谷地和涡流。”伽利略在他的畅销书《星际信使》（出版于1610年）中记载道。[81]他依据类比法，颇具艺术性地发问：“在地球上，日出之前，难道不是最高山的山顶先受到太阳的光照，而平原依旧被阴影覆盖？再过片刻，光线渐强，难道不是半山腰更大的面积被照耀？太阳升起，难道不是最后泽被平原和丘陵？”[82]

是的：月球和地球一样，至少从这一点看是这样的，伽利略的研究确认了这个世界有着它自己的法则——简单来说，这片土地，很有可能和伽利略时代的欧洲势力横跨海洋探索的“新”世界一样，成为探索的目标。彼时，詹姆斯敦殖民地刚刚建立，荷兰人正开放与日本的贸易，伽利略可以在威尼斯的商店里买到中国茶。1610年，威廉·洛厄爵士（他曾用哈里奥特赠予他的一架小型望远镜研究月球）给他的月球观测伙伴写信说，他觉得伽利略“成就超过开辟南太平洋的麦哲伦或是被新地岛的熊吃掉的荷兰人”。[83]开普勒给伽利略写信说，太空旅行也许会比我们现在想的要简单——就和大西洋一样，有些航道比英吉利海峡还要“平静和安全”。开普勒调侃道，他想去月球，而伽利略可以去木星。

月球与地球的比较也会过于附会，有些不靠谱的人直接跳过论证

得出结论，既然月球与地球相似，那也必然宜居。伽利略对此不置可否，而开普勒对于月球生命的推测仅限于他的科幻小说《梦或月球天文学》，但大多数人没有那么严谨。德国天文学家约翰·博德觉得智慧生命住在月球是理所应当的事，这一切得益于“智慧的造物主的特殊安排”。[84]牧羊人出身的观星者詹姆斯·弗格森的理由是地球、月球和行星之间的相似性“令我们无法否认太阳系内所有的行星和卫星都是由仁慈的造物主精心设计，为懂得感恩的生命提供舒适的宜居环境”。[85]连伟大的威廉·赫歇尔——他通常是个头脑冷静的经验主义者——在月球生命这个问题上也近乎疯狂。在写给英国天文学家内维尔·马斯基林（赫歇尔还恳请他“不要觉得我是个疯子”）的信中，他说：“我希望，而且我确信，将来必有一天月球上会发现生命的可靠迹象。”1776年5月28日，赫歇尔用他的一架新望远镜观测月球后，在他自己的期刊中描述了自己记录下的所见：“那是一片森林，由于包括了如此巨大的生长物质，采用这个词才能表达适当的延伸意义。”他接着又开始辨认月球上的城市、河道和公路。[86]

戴维·里滕豪斯被称为可与本·富兰克林比肩的18世纪美国最伟大的科学家，他考虑到月球远离诸多帝国力量令人窒息的魔爪，表现出一种如爱国者般的欣慰。“月球的居民们，”在1775年出版的《一次演讲》一书中，他写道，“你们被很好地保护起来，躲开了自大的西班牙人和冷酷的英国地方官的贪婪之手。”[87]1822年，数学家卡尔·高斯写信给天文学家海因里希·奥伯斯，建议用“100个面积为16平方英尺的独立的镜子，把它们连接起来……就可以向月球发出很好的紫光”，用他的话说就是可以发出信号，“与我们月球上的邻居产生接触”。[88]哈佛天文学家威廉·H.皮克林说服自己看到月球上有植被、成群的昆虫，还有河道。在1912年的一封写给他兄弟的信件中，他记载道：“我几乎看到了所有东西，除了那些用铲子阻止水流入其他运河的月球人。”当时他正在牙买加的曼德维尔用哈佛望远镜进行观测。[89]

这种臆想在1835年的“月亮骗局”事件中达到巅峰。一家叫《纽约太阳报》的廉价纸媒急于提高自己的销量，发表了一系列疑似独家新闻的报道，说天文学家约翰·赫歇尔（威廉的儿子）声称在南非建了一台新的超级望远镜，用它在月球上观测到了地外生命——里面有长角的熊，“这是一种奇怪的球形两栖生物，以惊人的速度在卵石滩上滚动”，矮小的、长着胡须的男性翼手类生物和女性翼手类生物色情地彼此挑逗。阅读量猛涨——《纽约太阳报》一时间成为世界上最流行的报纸——文章重印成册子发售，卖了6万册。《纽约时报》当时并未能联系上约翰·赫歇尔爵士，却见风使舵，声称这个报道“可信且合理”。两个耶鲁的教授被派到纽约区调查文章中引用的科学论文（里

面说是发表在《爱丁堡科学期刊》上的，其实这份期刊并不存在），但整起造假事件并未被曝光，直到文章作者——《纽约太阳报》的编辑理查德·亚当斯·洛克的同事问他重印版权的事情的时候，他才向同事承认整件事都是他编造的。

在埃德加·爱伦·坡隐秘丰饶的内心世界里，文学想象与科学热情正因这次“月亮骗局”而联结起来——他从未在这件事上赚到一分钱。

坡从16岁起就痴迷天文，他在他继父的房子里二楼门廊处架起一架望远镜观察月球。那是他狼藉悲惨的人生中一段快乐的插曲，他只要自己能够负担起一副小望远镜，也许就会继续开展天文爱好。但他喝起酒来，用诗人夏尔·波德莱尔的话说，就“像个野蛮人”，而且他又急于收现款而宁愿放弃未来的利息，穷困遂有如坡的第二层皮肤，摆脱不掉。（坡的小说《金甲虫》卖了30万册，而他只挣到100美元；他的叙事诗《乌鸦》一夜成名，他却只得到9美元。）大部分时间里坡都只创作短篇，因为他在得到两次报酬的间隔时间里无法长久生存。1833年10月，一个认识坡的人说他“正投身月球旅行”，其实他是在读关于天文、大气和热气球旅行的书。

就在《纽约太阳报》的造假文章出现的三周前，坡关于月球的小说发表在《南方文学信使》杂志上，题为《汉斯·普法尔历险记》。这个故事披着纪实风格的外衣——坡可以把科学和技术的内容写得栩栩如生，他的一些小说片段甚至被当成事实引用在新闻报道和参议院报告中，第九版《不列颠百科全书》中关于漩涡的一篇文章也引用了他的片段——其中充斥着宽泛而隐晦的引用，来暗示那些会意的读者。汉斯·普法尔——这个名字其实是戏谑模仿一支发射失败的火箭跳起又落回地面的声音——被描绘成一个荷兰的飞行员，在愚人节那天他乘热气球上到天堂，热气球“整个都是用脏兮兮的新闻报纸做成的”，饰以“一圈小小的、像羊铃一样的乐器，一直叮叮当当，奏出贝蒂·马丁的旋律”——这个典故来自英国俗语“我的眼睛，还有贝蒂·马丁”，表示“胡说”的意思。汉斯抵达了月球，然后发现自己站在一大群矮小丑陋的人中间，他们一语不发，也没有劳神表达帮助我的意愿，而是像一群傻瓜似的双手叉腰站在那里，滑稽地咧嘴而笑，斜睨着我和我的气球。我轻蔑地转过身去，抬头凝视我不久前才离开的、可能永远都回不去的地球，它看似一面巨大而昏暗的铜盾，牢牢地嵌在苍穹之中，角直径约为2度，有一侧镶着灿烂的新月形金边。[90]

让坡失望的是下等的讽刺文学大行其道，而自己的优质原创仍旧不为人知，坡对那些被“月亮骗局”文章忽悠了的《纽约太阳报》读者表达了嘲讽。“公众被如此误导，哪怕只有片刻，也不过是证明了在天文学领域普遍的无知。”他写道。坡说，即便赫歇尔的望远镜如

《纽约太阳报》所宣称的，能将图像放大到42000倍，那也不过是相当于裸眼在5.5英里外观看月球，“这么远根本没法看到什么动物”。[91]同时坡也很佩服洛克能够聪明地把自己造的假和约翰·赫歇尔联系起来。约翰·赫歇尔的《天文学》广为流传，坡文章中的天文学知识多来源于此。赫歇尔自己也曾倾向于月球上有“动植物生命”存在的可能性。坡意识到，洛克的文章其实是一种辛辣的讽刺，它讽刺那些自欺欺人的天文学家，他们相信自己在荒芜的月球上看到了城堡、城市，甚至教堂。[92]

当更好的望远镜被用于观测月球之后，一切就很明了了，月球上没有生命、水或空气，但确实有很多有趣的东西值得研究，在这之前，第一步是绘出精确的月面地图。这对天文爱好者来说是个有前途的工作，因为这不需要特别大的望远镜。为此做出贡献的业余爱好者当中包括以下几人：约翰·施勒特尔，在法国军队闯入他的天文台，将其洗劫一空并损毁之前，他于1791年和1802年发表了两卷手绘的月球画册；威廉·戈特黑尔夫·洛尔曼，他的月球研究引导了威廉·比尔，后者与约翰·梅德勒于1837年一起发布了直径接近1米的月球地图，在此后的数十年内它都是业内标准；约翰·内波穆克·克里格，他在19世纪末绘制了许多美丽的月球细节图；菲利普·福特，他制作的月球地图前所未有地精细，而他的名声却毁于他相信汉斯·赫尔比格离谱的宇宙学观点（后者声称恒星是冰做的，后来这个观点为纳粹伪科学家所利用）；还有珀西瓦尔·威尔金斯，他与帕特里克·摩尔一起编制了长达7.6米的巨幅精细月球地图。后来的月球地图大多是用照片制作的了——有从地球上拍的，有绕月探测器拍的，还有“阿波罗号”的宇航员们拍的。

尽管绘制月球地图的黄金时代已经过去，现今的天文爱好者仍旧喜欢绘制和拍摄月球的陨石坑和山海——它如此吸引人，一部分是因为月球所呈现的独一无二的细节：火星是表面可观测到的天体中距离我们第二近的，它与地球的距离是地月距离的150倍，所以在150倍的望远镜中看火星，其分辨率仅相当于裸眼观测月球的效果。月球的最佳观测部分是在它的明暗界线——月球的亮面与暗面的分割线上，那里长长的、锐利的影子让细节特征纤毫毕现。月球上的日升与日落相隔两周，由此呈现了一种迟缓却充满魅力的影子表演。在连续的夜晚，太阳光会登上环形山山壁的高峰，如北方高地的柏拉图和阿基米德、南方的沃尔特和普尔巴赫，然后逐渐下行，灌满环形山的底部。孤独的山峰顶点投下瘦长的影子，如同欧几里得几何文本的插图；神秘的月丘——它们曾被认为是在火山的作用下形成的，而这个观点最近刚被科学家否定——在侧光下是可见的，随着太阳在月亮黑色的天空背景下越升越高，也逐渐不可见。一般认为满月是没什么好看的，

不过它能展现月球最明亮的模样，壮丽炫目，几欲让人入眠，比如鲜明的白色条纹从年轻的哥白尼、第谷和阿利斯塔克环形山逸出，相对新近的碰撞将古老灰色月表下较轻的物质抛射出来。

在用望远镜观测月球的时候，把时间维度加进去有助于你更好地欣赏它。月球并不只是一块毫无生机的石头，它还是一幅织有丰富的宇宙历史的锦绣。在没有风和水的情况下，月球表面被侵蚀的进程非常缓慢——最主要的物理作用是微陨星的“翻腾作用”，而5000万年间它所能磨损掉的月球土壤也就1毫米厚——所以，在过去的40亿年中，其实月球表面鲜有明显的变化。明亮的月球高地上布满陨石坑和岩屑，那是由太阳系早期频繁的撞击留下的，彼时星星和卫星饱受碎石轰击，那些碎石和它们自己最早形成时的大小类似。而月球上的海则是更加年轻的熔岩平原，毫无疑问是熔岩填入最大的冲击地貌，在轰击结束后冷凝形成的。那蜿蜒的月谷则是早期的熔岩管道，管道的顶部已经坍塌，而直线条的月谷是断层线。你对月球了解越多，就能在上面看到越多的东西。

如今绕月飞行的航天器大范围（尽管尚未穷尽）绘制月球，宇航员拍摄月面照片，月球上的石头被带回地球，我们观测月球是否还有意义？好吧，只要你喜欢，为什么不呢？有些勤恳的业余爱好者会觉得做缺少科学研究价值的观测是一种罪恶，而有些则只为观测中的愉悦。业余天文学和其他很多人类活动一样，在快乐主义与工作伦理中拉锯，而月亮是一剂良药。如果你观星只为消遣，却害怕它变成一种工作，那么你可以把望远镜对准月亮，从中获得放松。至少观测月亮不太容易卷入真正的科学工作。

不太容易并不意味着不可能：月球上仍旧会有真正意义上的新发现。比如月球瞬变现象（LTP）。那是出现在月球上的闪光、暗点或发光的薄雾，大多是天文爱好者发现的。有些瞬变现象并非来自月球自身，比如说可能是一颗人造卫星偶然从月球面前穿过时太阳能板反射的太阳光，此外大部分是流星体撞击月球时发生的爆炸，但尚有一些无法很好地解释。1956年1月24日，一个业余爱好者和一个专业天文学家在不同地点，各自用一架望远镜，不约而同地看到了卡文迪什环形山上靠近明暗界线的闪光。1969年7月19日，“阿波罗11号”指挥舱绕月时，地面指挥中心向它发送消息说，天文爱好者刚汇报了一起发生在阿利斯塔克环形山附近的瞬变现象。宇航员尼尔·阿姆斯特朗也看了一眼，然后传回消息，他看到确实有一个区域“看起来比周围亮许多。就在刚才——看起来像一道轻微的荧光”。[93]他并不确定具体位置，但相信那就是阿利斯塔克环形山。威妮弗雷德·索特尔·卡梅伦曾是研究LTP的NASA科学家，她记录道，四分之三的报告只涉及十几

个月球特征和一个区域——阿利斯塔克—希罗多德—施勒特尔谷——类似的报告中有三分之一关乎这个区域。“大部分瞬变活动都发生在月海边缘，靠近火山地形，比如月丘、弯曲沟纹和有暗晕或暗底的环形山。”她写道，又补充说“这些区域，和月球其他地方一样，从地理意义上都将被认为是死的”。[94]但如果瞬变现象是真的，年迈的月球可能还是有一些地质活动的。[95]正如1988年天文爱好者艾伦·麦克罗伯特记录的那样，“这个巨大的邻近世界其实还有很多秘密”。[96]

还有一个悬而未决的谜题是月球的生日。月球的密度比地球小很多。地球拥有致密熔融的内核——在我们的地球家园还是个熔融的球的时候，铁与其他重元素沉入中心所致——地壳是较轻的硅酸盐，这些物质浮上表面，最终凝结。（地球的地核与地幔被放射性元素加热，至今仍是熔融状态，这是我们的星球上有火山的原因，也因此可以说是有地质活动，或者说是“活的”。）然而，整个月球的密度都只接近于地球的地壳。研究者对此十分好奇，这是否与月球不同寻常的大体积有关系？近年来也出现了一些比较合理的解释，比如“大碰撞”理论，这也许可以解释月球的起源。

大约45亿年前，初生的太阳形成于一个位于星云核心、由气体和尘埃构成的黑暗茧块，它周围环绕着一个由石块与冰块碎片构成的圆盘，它们一点一点地逐步聚集，由此形成行星。早期形成的行星并不是都能存活下来，相反，有一些行星落入太阳，有一些因与其他行星靠得太近而被甩到黑暗的外太空，还有一些则发生了毁灭性的冲撞——结果则是有破有立。地球与月球诞生于同一时期，按理说它们的密度应当近似。但事实相反，月球有点像是年轻的地球与一颗火星般大小的不规则行星体发生冲撞之后的产物，行星体侧击了地球，炸飞了大量地壳和上层地幔。其中大部分物质都落回了这颗饱受折磨的星球，但还是有相当一部分进入了轨道，形成了一个维持时间不久的环。计算机的模拟显示，这个碎片构成的环聚合成月球形态只花了大约1年时间，那时候月球只悬挂在地球上空1万英里高的地方。对着天空伸出一只手掌也遮不住这颗炽热的新卫星，它俯瞰着狂暴地沐浴在熔岩海里的地球。彼时残余的碎片还布满太阳系，没有被清扫干净，流星体击打着地球和刚成形的月球。月球保留着那些伤疤，它们就是现在的环形山；但火山活动、造山运动、地震，还有风和水造成的侵蚀，都在很早前就抹去了地球上那些古老的陨石坑。

地球上的海形成之后，邻近的月球一定掀起了惊天的潮汐。而潮汐反过来将月球推离了地球，从那之后月球轨道逐渐变大。地月之间的潮汐之舞如此迷人，一方面在于它在我们的家园上触发的效应，另一方面在于它本身那纯粹的动态的优雅。

试想一下，地球——一个表面大部分覆盖着海洋的大石球，月球——一个小一点的没有海洋的球。每个天体表面上的每一个点都会受到另外一个天体引力的吸引，而这种作用力和它们距离的平方成反比。所以，比方说，如果孟买城在月球正下方，那里就会感受到最强的月球引力，也因而产生最强的潮汐。同时，地球边缘离月球更远的地面——日本和西非，分别处于孟买东方和西方四分之一个球面周长的位置——受到的月球引力的影响非常小，因为它们到月球的距离比孟买还要远数千英里。这种效应挤压着地球，就像踩在一颗实心橡皮球上，于是地球会沿着地心和孟买的连线方向（相对于垂直方向）被拉长。（岩石和水都会因潮汐而产生形变，但水比岩石更具可塑性，因此海水以高高的潮汐的形式被拉到海滩上。太阳也助了一臂之力——这也是为什么大潮总发生在望月和新月期间，当太阳、月亮和地球成为一条直线的时候——但这种影响非常小，在这里不做赘述。）如果想象这个地月系统是静态的，就更容易理解潮汐了——孟买（还有地球另一端的下加利福尼亚州）会一直有大潮，日本和西非会有低潮，这种情况下潮汐的机制是很明显的。但地月系统毕竟是在运动着的：地球每天绕自己的轴向东自转，月球也向东移动，每27.32天完成一次公转。这就让潮汐更加复杂，对月球产生了一种斥力。

因地球在月球的影响下自转，由于岩石和水的惯性阻力，它的形变并非立刻产生，而是略微滞后。所以高潮并非产生于月球刚好在孟买城头顶的那一刻，而是产生于孟买已经移动到月球东边之后。于是，地球上因引力被拉起的潮汐隆升就一直在月球东边一点。因为月球在轨道上是朝东运行的，这个隆升就一直拉着月球前行——日夜不停，而月球永远追不上——这个运动如同棍子上吊着的一根胡萝卜，加快了月球的公转速度。[97]公转的天体加速后轨道会越来越大，这就是月球开始很低，后来被慢慢拉到24000英里高的原因。“阿波罗号”的宇航员在月球上放置了一个反射器，地球上发出的激光经反射器弹回，确认了月球至今仍在以每年3.82厘米（约1.5英寸）的速度爬高。这就意味着，日全食中月球正好完美盖住太阳的景象，其实是天时地利的意外现象。百万年前月球看起来更大，全食期间日冕是被挡住的。而在将来，月球就会小到盖不住整个太阳圆面。

用于将月球拉到更高轨道所消耗的能量，会以另一种方式偿还，代价就是减慢了地球的自转速度：月球在被东向的潮汐隆升加速的同时，也在将其拉回，效果类似向东自转的地球的一个制动器。通过考察犹他州盐湖城附近的大三叶杨组、澳大利亚阿德莱德市附近的伊拉遜那组、亚拉巴马州北部的波茨维尔组和印第安纳州的曼斯菲尔德组的地层上沉积的潮流沙脊，这个效应从地质学角度得到了证明。这些研究表明，9亿年前的地球速度很快，自转一圈只需18小时。

这种制动的力量同样作用于月球，但效果是更快，因为月球的质量只有地球的1%。（停止一只篮球的旋转会比停止一个同样大小的大理石球体容易。）因此，很久之前月球就被“锁定”了，一直只有一面朝着地球。理论上，潮汐的制动最终也会逼停地球的自转，但这种力量也会随着月球距离的增大而减小，所以地球在150亿年内都不会被“锁定”——到那时太阳早就膨胀成一颗有地球轨道那么大的红巨星，然后坍缩成一颗白矮星。

另一个古老的月球谜题被称作“月亮错觉”。满月升起时会显得特别大，但几个小时之后，月球在天空中升高，银白色月面看起来明显变小。定量分析显示，人们感觉初升的月亮比它在头顶上时要大2.5到3倍。但如果客观测量月亮在这两个位置的大小——在这两个时候用远焦镜头拍摄两张照片，然后叠加这两张底片——月球直径并未变化。

长久以来，天文学和认知学领域一直在讨论月亮错觉的机制。公元2世纪，克劳迪乌·托勒密支持一种如今被称作“折射”的理论——月球在地平线附近看起来更大，是因为地平线附近空气密度更大，湿度也更大，把图像放大了，“就好像物体在水中的放大效果一样，沉得越深放得越大”。[98]折射理论听起来很有道理，至今你仍旧可以听到一些人这么解释月亮错觉，但它是错的。如果托勒密检测这个理论——比如说用不同尺寸的管子来测量不同高度下的月球直径——他就会发现，折射根本不会造成错觉。17世纪终于有人做了这个实验，实验显示天空中的月面直径在任何高度上都是一样的。贝内代托·卡斯泰利是伽利略的一个学生，他用类似方法测量了北斗七星之后，记录道：“我总会发现它们对应同样的距离，因此我觉得这种错觉现象一定是来自（观察者）判断和理解出现的谬误。”[99]

当眼脑系统处理非常遥远的物体，超越我们双目视觉的有限范围时，错觉便产生了。大脑无法计算距离——或者也就因此无法计算大小——于是依据不同的间接线索猜测远距离物体的大小。由于某些原因，这些猜测会在心理层面伴随着很大的确定性，如同有洞察力的学生通过如“蓬佐错觉”——由意大利心理学家马里奥·蓬佐于1913年提出——这样具有说服力的例子学到的一样。在一张画中，两个同样大小的条块放在一条汇聚于地平线的铁轨上，在下方的条块仿佛更靠近看画的人，而上方的条块距离我们较远。为了让“比较远”的条块和“近处”的条块能够看起来一样大，大脑判定上方的条块必然比下方的大。所以即便我们知道自己是被迷惑了，还是会有上面的条块比下面的大的错觉。显然，这样的认知效应也适用于月亮错觉——正如阿布·阿里·哈桑·伊本·海什木指出的，其他一些研究者也确认了这一点——

但这并不能解释全部。即便没有明显的透视背景，月亮在升起和落下时看起来也会更大——比如说在船上看毫无特征的海平面上的月亮。这是为什么？

两个比较新的错觉测试可以帮助解答这个问题。心理学教授劳埃德·考夫曼和他的儿子物理学家詹姆斯·考夫曼，在一台笔记本电脑上用计算机技术模拟出了满月的立体图像。对着显示屏对起眼睛，就能看到立体的月球悬浮在太空中。然后电脑动画程序移动这些图像，让月球看上去正在远离。你可能会和很多研究者一样推断，看动画的人会觉得后退的月球在变小。但其实大脑的选择恰恰相反：电脑屏幕中，立体的月球向远处移动，看起来却是变大的。在另一项实验中，考夫曼父子要求受试者指出天空中天顶和地平线的中间点——就是在45度高度角处。几乎所有人指出的点都大大偏向地平线。显然，我们并不是将天空看作一个穹顶，而是看作一块透镜形状的天花板，头顶处与我们的距离比地平线附近要近得多。大脑推断靠近天顶的月球不算很远，所以也不需要很大。但当月球在地平线附近时，大脑就会得出结论：它比别的东西都要远，一定是真的很大。[100]

所以，月球搅乱人的心智，正如歌德所说："有思想的人有一种奇怪的特性：面对无法解决的问题时，他喜欢在脑海中虚构出奇异的画面，到了问题解决、真相大白之际，这画面依然萦绕于心。"[101]从进化论的观点来说，这并不令人惊奇。真正令人惊奇的是，人类可以用科学超越感官的局限，了解到月球真正的距离和大小，还有它的结构。

有些人也坚持认为，对月球的科学研究及"阿波罗号"宇航员对月球的探索，剥夺了月球本应有的古典浪漫。正如鲍勃·迪伦唱的那样："人类自己走向末日，触碰月球就是第一步。"[102]但对我来说，我们了解或探索星辰并不会减少它们的美丽。如今真实的火星和真实的太阳比过去那些仅仅在天上伴随着神秘传说的光点更加令人兴奋，而且假使浪漫需要无知，那么对艺术是不公平的。正如诗人詹姆斯·迪基所说的："诗歌诞生于最现实的现实与最奇异的奇异的碰撞。"[103]

未来的月球之梦属于年轻人，无论是现实还是幻想，他们都会继承。有一天晚上在天文台，我给几个8岁的孩子展示月球。他们排队登上小小的梯子，向目镜看去，奇妙的事情发生了。清冷的月光有点像聚光灯，把失焦的月亮肖像画在孩子的眼睛上、眼眶上，还有一部分在眉毛和颧骨上，每个孩子看起来似乎都成了大人。一头红头发、长着雀斑的妮妮变成了40岁的女人，她辉煌的运动员生涯的鼎盛时期刚刚过去，但沸腾的精力并未消退。害羞又有魅力的男生尼昂突然变成了有威仪的男人，也许是一个基金会的主任，或是航空公司的主

席。淘气的凯瑟琳变得果断、能干而理性，也许是个生意人。我的儿子看上去只比我现在的年纪小一点。他沉静而严谨地为我自己成为记忆之后的时光提供了一种视角。我们在天空中看到的一切都属于过去。光速很快——每秒钟186000英里——却有限：我们看到的月球是1.3秒钟之前的，星星是数十年甚至数百年之前的，星系是数百万年前的。孩子们与我们的相似和不同就是我们对未来的概念的具体表达。我们这些长辈落入过去的土壤，犹如秋天的落叶离开大树；年轻人也离开我们，潜入深深的未来。

望远镜与墓冢：拜访珀西瓦尔·洛厄尔

千禧年的最后一个冬至，午夜时分，我在亚利桑那弗拉格斯塔夫的洛厄尔天文台，用24英寸的克拉克折射镜看木星和土星，我发现自己正与这座天文台的建立者——珀西瓦尔·洛厄尔的灵魂遥遥相望。从这架经典的望远镜所在的圆顶屋沿着小路走下去，就能看到他的蓝白色大理石墓冢立在星光下，仿佛在凝思。洛厄尔于1916年逝世，而他好像一直还活着，台里的工作人员一直叫他珀西，就好像他随时还会出现一样。他选择了弗拉格斯塔夫，因为那里海拔高度适宜（7000英尺），夜空干净、无光污染，又可直通横贯大陆的铁路线。直到现在，我的观测季都伴随着在院子里交织的夜鸟呼啸声和货运火车的汽笛声，还有在大型内燃机轰鸣声逐渐减弱时出现在圣菲铁路线上的用扳手应急矫正铁轨的声音。

洛厄尔是个绅士，他的弟弟阿博特·洛厄尔是哈佛大学校长，他的妹妹艾米·洛厄尔是一名诗人，他的家族被写入格言流传至今："洛厄尔只与卡伯特家族对话，而卡伯特家族只与神对话。"天文台彰显着他的财富和优良的品味，还有他在业余天文实验研究方面的特殊天分。1896年，为建造这座天文台，他花费了2万美元，这笔钱相当于今天的500万美元，但花得值。圆顶屋是一个叫戈弗雷·赛克斯的机械工设计的——他曾是个牛仔——由10个工人在短短10天内用黄松木斧斫而成。其内部结构颇似乡下教堂，有着嘎吱作响的木地板和观测者用的高脚椅，为的是在望远镜指向靠近地平线附近的天区时，观测者能够得到目镜。高脚椅看上去像等待着牧师到来的布道坛。望远镜是19世纪最了不起的行星折射镜之一，设计者是阿尔万·克拉克，他是科德角捕鲸人的儿子，起初以画肖像为生，后来在他未来的妻子玛丽亚·皮斯——一位来自部长家庭的寄宿生——及天文爱好者爱德华·希契柯克的启蒙下接触了天文。1843年的大彗星激发了克拉克对于望远镜制作的兴趣；他的儿子乔治也是如此，乔治是安多弗菲利普斯学院的学生，学校的餐钟坏了，他就把它熔掉，制成了一架反射望远镜。

在当时，克拉克折射镜是世界上最好的望远镜，洛厄尔在一台装置上架设了三架望远镜——一架24英寸的，一架12英寸的，还有一架6英寸的，当中随便一架拿到高校的一座小天文台里

去，都有资格作为核心设备使用。这样的辅助性设备一般被称作“导星镜”，需要拍摄长曝光相片时，它们被用以提高跟踪精度。但好的视宁条件往往只对小型望远镜有利——其中关键的因子是，在给定时刻，望远镜的孔径与扰乱大气的对流元尺寸的相对比率——我猜洛厄尔有时候也用他的导星镜来细细检查火星，一架一架地尝试，选择最适合当时条件的放大倍率和孔径。不管怎样，我现在就是这么做的。

大部分观星者认为行星观测的利器无过于一个孔径大、焦距长的折射镜，但我第一次透过克拉克折射镜看木星的时候有点失望。行星周围都是红色和紫色的光晕，那是色差的标志。为了减少色差，天文台的工作人员关上了大望远镜目镜上的可变光阑，将它变成了一个非常罕见的焦比为44的9英寸折射镜（就是说它的焦距是它聚光镜直径的44倍）。反正利用光阑约束入射光并不能够消除望远镜的色差，我干脆转动33英尺长的连杆上的巨大黄铜把手，打开了光阑，把孔径调到最大。这让色差更明显了，但透过那不真实的色彩看到的图像倒是非常清晰。土卫与木卫的圆面都很明显，大气稳定下来之后，巨大的行星表面的云带更是展现出丰富的细节。我迷醉地欣赏着，木星的卫星木卫三从巨大的行星身后探出头来，19分钟后又消失在它的阴影之中，而2小时8分钟过后，它又重新出现了。

木星卫星的规则运动及其与钟表装置的旋转调速器的相似之处，没有逃过早期观测者的眼睛，比如伽利略曾提议用木星来校准航海用表。一架瞄准木星的望远镜被放在横帆船摇晃的甲板上，最终被证明不可行，但这个方法被法国的地图制作师采用，用来更为精确地测定地球周长。丹麦天文学家奥勒·罗默于1676年巧妙地利用“木星钟表”在木卫凌木的时候测量了光速。罗默记录了地球靠近木星时木卫三和其他卫星凌木发生得比预期早，而两行星相距较远时发生得又比较迟的现象。他意识到这种不同可以用光速的有限来解释。当地球处于轨道上远离木星的位置，木卫凌木就会来“迟”，因为光得穿过几乎整个地球轨道直径的距离才能抵达我们的望远镜。所以你如果知道地球轨道的直径，那么可以在地球距离木星最近和最远的时候分别观测木卫凌木，利用时间差计算出光速。罗默测出的结果是每秒140000英里，与精确的每秒186000英里非常接近。

夜渐渐深了，这架老克拉克望远镜我越用越顺手。历经一个世纪的洗礼，它虽老旧，但依然保持了出身名门的风采。转仪钟系统工作良好，不过由于历史原因产生的一些平点会导致系统暂

时停止，而后行星会偏离视场。系统的机械慢动控制已经坏了：要矫正导星偏差，或是从木星移动到土星，我就用手推动巨大的望远镜，像推多布森望远镜那样。最初的圆顶旋转装置已经不能满足需求，被一个奇怪的装置取代，后者还包括一个浮在水上的浮筒。那个装置后来也失败了，此后的近半个世纪里，圆顶都是用一套1954年的车轮和内胎支撑着：内胎没气的时候，他们就顶起圆顶，然后修补内胎。覆盖圆顶开口的三块遮板起初是由绳索操纵的，就像帆船那样，但现在这种方法只用于顶部的那块遮板，其余两块如今是由退役的电动起落架舱门组成。这些改变或许有损于天文台的艺术传承，但它的历史氛围并无任何减少。坐在这里很愉快：看着土星苍白的球体和由冰组成的土星环，聆听着转仪钟的咔嗒声和货运火车的哀鸣，想着洛厄尔——当时世界上最杰出的天文爱好者在这里度过了无数个夜晚，绘制着火星上他以为他看到的运河的地图。

当我在一只旧抽屉里发现洛厄尔曾用过的一个目镜时，我更加清晰地感受到了他的存在。这个目镜可能是克拉克做的，非常大——几乎和我小时候用过的一架2.4英寸折射镜一样大——上面镀着典雅的赭色，那是火星的颜色。我吹掉上面的灰尘，欣赏着那清晰又沉重的玻璃片，然后发现如果去掉望远镜终端上配备的当代结构，这个目镜就能装进原来的镜筒里。这个目镜显然有很多年没被人用过了。我能用它看到什么？

真是壮观。土星看起来清晰锐利，比我用过的那些更新、更高科技的高级目镜都要好。土星高高地悬挂在天上，靠近子午圈，目镜的位置已经让人非常不舒服——我得侧躺在地板上，脖子扭成痛苦的角度——但我没有动，只是心满意足地看着目镜中的景象，并不打算放弃这个洛厄尔自己也一直忍受的姿势。

我对着这个梦幻般的景象欣赏了好久，独自一个人，直到一阵偶然的微风吹动了天文台的门。门缓缓开了，伴随着鬼屋一般的嘎吱声响。门外的光在黑暗中隐现，我转过头去——那里群星闪烁——我听见自己悄声唤道：“珀西？”

第十章
火星

年复一年，

猴子所戴面具

还是猴面。

——松尾芭蕉

会问就等于知道了一半。

——鲁米

1976年7月20日，加利福尼亚159号公路还沉浸在黎明前的黑暗中，我能看见那一轮弯月悬挂在南天，就在闪亮的昴星团附近。公路上聚集着各式车辆，有像我这样租的车，还有轰鸣的路特斯和法拉利，它们和NASA喷气推进实验室出现的反常紧急状态汇聚在一起，玻璃幕墙反射出月光和帕萨迪纳上空被夜色包围的群山。火星是我们今晚的目标，它并不在天上——此刻它在地球另一边——但很快我们就能看到了。这个夜晚是“海盗1号”计划在火星上着陆并传回火星表面第一张照片的时间。

实验室里几乎所有人都紧张焦虑，摄入了不知多少咖啡因。到现在“海盗1号”仍旧生死不明，但信号以光速传回地球得花19分钟——所以它的命运在火星上已然揭晓，在地球上却仍旧是未知数。这有点像后知后觉的选举结果：结局已定，但谁也不知道是怎样的。因为时间的延迟，飞行器的地面控制人员并不能指挥着陆器下降——着陆器是一个像灰色昆虫一样的机器人，体积如旅行摩托车一般大。进入火星大气层时温度升高，它得控制自己，展开并抛出降落伞，然后它的三个降落引擎开始点火，以便轻柔地降落在火星表面。如果它不巧碰到了一块石头，或是在陡峭的环形山壁上着陆，那它就完了。

金特里·李是个紧张的年轻人，头发前半边秃了，后半边顺其自然地长成扇形披在肩上，他正大声解析着电脑显示屏上的一排排原始数据：“2600英尺！500英尺！200英尺！”然后，着陆。“干得漂

亮！”着陆器表现和分析小组的主任雷克斯·舍斯特伦喊道。

几分钟后，第一张照片传回，照片里有一组垂直的条带，那是金色平原——克律塞平原那布满岩石的起伏地形。

“不可思议。”托马斯·“蒂姆”·马奇悄声说道，他是着陆器影像团队的负责人，也是海盗计划的主要推动者之一。（1980年10月7日，“蒂姆”在喜马拉雅山登山时遇难——为了纪念他，“海盗1号”着陆器被重新命名为马奇站。）电视机前的亚洲观众彻夜未眠，澳大利亚的观众很早就起床了，欧洲的观众则停下了手头的工作，就为了见证这历史性的直播。然而，就在图片传回的时候，美国境内恰有三家主流商业电台正在直播早间节目，却没有一个台转播图片。制作人说公众对此并不感兴趣。

在没有望远镜的时代，火星就吸引着人们，那时候人们对它的了解仅限于天空中游荡的赭色小点。（通过分析它在天空中的轨迹，约翰内斯·开普勒认识到这是在火星和地球沿着椭圆形轨道绕日公转的共同作用下形成的。）望远镜的到来重燃了这旧日的激情。威廉·赫歇尔在1783年火星冲日期间观测火星，发现了南极冰盖，并从其位置认识到，火星极轴是倾斜的，因此一定有季节变化。“目前来看，整个太阳系中火星与地球也许是最具相似性的。”他这样写道，并补充说，因为“我们发现我们居住的球体上两极冰封，覆盖着冰山和雪，只有交替朝向太阳的时候，它们才会部分消融，那么请允许我大胆猜测一下，相同的机制可能在火星这个球体上有相同的效果；极点上的亮点是冰冻区域的反光，那些亮点减少，是由于它们转向了太阳”。[104]他说得没错，但问题是火星与地球有多大程度的相似——尤其是，那里是否可能有生命——这让业余爱好者和专业观测者争论至今。

用望远镜观测火星就像看七重纱之舞：你鲜能确定自己看到了什么，但它足够激起你的兴趣。火星与地球的好几重关系让它更加撩人。

其中一重关系是每隔2年火星靠近地球一次。这种趋近叫作“冲日”，因为它都是发生于太阳与火星的位置在天空中相对的时候，平均每780天出现一次，此时地球在内侧轨道赶上速度较慢的火星。[105]两次冲日的间隔并非恒定，它取决于两颗行星的不同速度：开普勒发现，行星靠近太阳时的速度比远离时的速度快。冲日本身也不是每次都一样。火星轨道相对地球更偏心，所以当冲日发生于火星在近日点的时候（就是火星轨道最靠近太阳的那一点），我们与这颗红色行星的距离只有3500万英里，但当冲日发生于火星在远日点的时候（就是火星与太阳距离最大的时候），火星与地球的距离不小于6100

万英里。只有在冲日期间，我们才能拉近与这颗红色行星的距离，与之比肩，并在地面通过望远镜看到火星的更多细节。大部分时候，火星与地球的距离超过1亿英里，最好的望远镜也只能看到一个斑驳的球体，其顶上有一撮白毛。

地球大气对火星的观测是一个不小的扰动。天空中最适宜观测的区域是正上方，靠近天顶的区域，但以大部分观测者居住的纬度来说，火星永远不会到达那个高度。和其他行星一样，它也是在黄道面上运转，只有居住在赤道附近纬度低于23.5度的地区的观测者才能看到它在头顶——地球极轴的倾角关乎它的轨道。所以你如果想看到火星在头顶，就得在迈阿密以南、里约以北的地方——很不幸，几乎没有什么很大的望远镜建在那里。

火星有自己的大气。大气很稀薄，所以也不怎么会干扰视线，但一直有风沙。一圈“蓝色薄雾”笼罩在行星周围（红色滤镜可将它过滤），上层大气中有冰云形成，地面上有雾气在峡谷和其他低矮地形凝聚，巨大的火星尘暴可以遮蔽整个星球，长达数月。火星上一天的时间（称作“火星日”）是24小时37分钟，所以一个观测者用望远镜持续观测火星，每晚看到的部分都略有不同：每晚相同的特征都会比前一晚迟37分钟出现，让火星球体像是每隔40天就退行一次。

早期的观测者弄不清这种复杂性，又受当时望远镜技术所限，但他们还是为火星编制出了简单而可信的资料。他们绘制了火星表面的大致特征，大部分是大片阴暗区域，在红色沙漠中格外显眼。（当中最显眼的有大流沙地带那锐利宽广的箭头形状、圆形的阿尔及尔和太阳湖、被称作“水手谷”的修长参差的线，还有斯基亚帕雷利于1879年发现的那个亮点，它被形象地起名为“奥林匹斯山之雪”。）他们注意到有些地貌的显著程度会随时间变化，有时明显，有时消失：太阳湖就很典型，斯基亚帕雷利叫它“秘境”。他们还发现有些变化是季节性的。比较典型的是一种“暗波”，在火星上半球的春季它会横扫整个半球，与极地的冰盖同步消涨。

正如你盯着一个模糊的目标长时间细看时会发生的情况一样，观测者在火星上看到了一些并不在那里的东西，比如说著名的火星运河。火星运河其实是一种视错觉，是人脑习惯于将点连成线所致。你自己也能看到。拿一张比较清楚的火星的现代照片，举在灯光下，在房间里一边来回走动一边看。如果距离合适，你的大脑又有正常的自动连线功能——我们大部分人都有，因为大脑的视觉中枢有识别直线的程序——运河就出现了。不少天文学家都在火星上看到过运河——这其中包括安杰洛·塞基和乔瓦尼·斯基亚帕雷利，他们把它叫作canali（河道），意思是像河流一样的自然地貌——但大部分天文学

家对它们的真实性都持怀疑态度。温琴佐·切鲁利是一个技艺精湛的火星观察者，他从他的私人天文台观察火星，在罕见的视宁度极好的条件下，他看见了一条叫作里斯河的运河分解成了一堆“极小的点”——这强有力地证明了这些运河都是错觉。斯基亚帕雷利在写给切鲁利的一封信中提到，人眼会把随机的点连接成几何图案，就像远距离看一本印刷书的页面一样。“对这些直线（河道）规则性的幼稚信仰正在被动摇。”斯基亚帕雷利写道，他预言“随着光学的发展，这种运河可能会演变成其他东西，或者干脆就是错觉”。[106]

但这些见解并未能动摇珀西瓦尔·洛厄尔，他有着比斯基亚帕雷利更高级的望远镜，却依旧认为火星上能看到运河。洛厄尔写东西很有说服力，想象力丰富、无拘无束，他的书和文章在温和的风格下暗藏不一样的夸张推想。（“火星上居住着某些生命，或是别的未知存在。”[107]）他认为那些运河是火星上的高级文明出于灌溉的目的挖掘建造的，火星上的黑暗大陆则覆盖着植被，而季节性的“暗波”是春回大地时极地融水，赋予植被新的生命。在弗拉格斯塔夫的洛厄尔私人天文台里流传下来的火星地图上，斯基亚帕雷利优雅的素描中蜿蜒的曲线都变成了直线，交会于看起来像泵站的地方。洛厄尔深知自己的望远镜分辨率不够，只有运河不少于30英里宽，才有可能分辨出来，他于是试图解释说这些线是当地运河沿岸的植被，为运河引流的水所浇灌。

这听起来合情合理，洛厄尔对其理论的优雅阐述让百万读者为关于火星文明的设想而狂热。声名显赫的洛厄尔自然遭到了一些专业天文学家的嫉恨，他们视他为极端主义者，认为他夸张的言论损害了严肃的火星研究。利克天文台的天文学家W.W.坎贝尔公开拒绝阅读洛厄尔发表的关于用光谱学方法寻找火星大气中水蒸气的作品，即便这正是他自己在研究的领域——并且阻挠出版社出版它们，因为“报告者在这方面非常愚昧”。[108]天文学家兼历史学家唐纳德·奥斯特布洛克写道：“在坎贝尔的心中，洛厄尔不仅不专业，而且毫无原则，试图把自己的文字辩论装扮成科学研究。同样地，他也不是个守规矩的人……科学家从不跳过求证过程直接得出结论，更不会为了证明它们而去建一座天文台，或是在给非专业人士看的精致杂志上发表巧舌如簧、避重就轻的文章。”[109]

但是公平地说，科学能包容洛厄尔的热忱，也就能包容坎贝尔的刻薄。

我们的眼睛确实能“耍”我们，尤其是当我们试图分辨模糊的物体，比如在抖动的望远镜图像中看清火星的时候。天文学家爱德华·埃默森·巴纳德视觉敏锐，异于常人，在1894年火星冲日期间，他在利

克天文台用一台36英寸的反射镜观测火星，获得了这颗红色行星在当时最清晰的一瞥——没看到运河——并提醒大众，“人不该太快得出结论。一个人模模糊糊地看到一个东西，甚至不确定他是否看到，他就会构建自己的理论，把臆想的城堡建立在他都不确定是否真的存在的基础上”。[110]如果洛厄尔真正听取了这样的建议，他也许就不会误导自己和他的读者们了。

另一方面，科学家也有了更多新发现，他们焚膏继晷地证明宝贵的理论，而兴趣索然的观测者只会往后一躺，看向天空：“好了，你要给我看什么！”大部分理论都有瑕疵，或干脆是错的，但带着希望看到城市或成群水牛的期待去欣赏火星，总好过无精打采地看它：破晓时分守候在树林里的松鸡猎人即便没找到松鸡，看到的东西也总比偶然路过的游客要多。如果洛厄尔不是痴迷于他眼中有生命的火星，他也不会建造洛厄尔天文台，而后来人们在那里做了更多有用的火星观测，还发现了冥王星。

我小时候在基比斯坎观测火星，我们当时所拥有的关于这颗红色行星的信息很少，局限于冲日期间用19世纪风格的折射望远镜（与洛厄尔和巴纳德用的一样）看到的画面，而且运河是否存在还是个颇有争议的话题。随后的一个时代在我们人类历史中独树一帜，空间探测器被发射到其他星球，我们看到的遥远的景象被更加清晰的近距离图像所取代。机器人探测器搜集到的数据所教给我们的，超过人类在历史上学到的知识的总和。那时候我觉得它们结束了一个时代，地面观测者原可以贡献更多关于火星的知识的。但我错了。

“水手4号”是第一个到达火星的探测器，它于1965年7月14日抵达这颗红色行星，飞行距离不到6118英里。它的电视摄像机向地球传回了22张照片，速度奇慢无比：接收一张照片要10到12个小时。记者在门外喧腾——所有人都觉得，照片上有火星城市，而政府只是隐瞒了它们的存在——喷气推进实验室的科学家通宵达旦地工作，试图处理好第一批照片，它们几乎是一片空白。好在该系列照片中后来的那部分更清晰一些。对于那些受洛厄尔的想象所影响的人来说，不幸的是，那些照片显示的都是火星上巨大的陨石坑。“洛厄尔的运河和季节性植物生命一说，可以休矣。”行星科学家布鲁斯·默里宣布。[111]

大陨石坑是个坏消息，它们表明火星可能和月球差不多。流行的推论是既然月球有陨石坑，而且从地质学和生物学两方面说都是死掉的，而火星也有陨石坑，那么火星也是死掉的。这个逻辑漏洞百出，却无损于它的风行。《纽约时报》在1965年发表的社论中称火星为“死去的行星”。

在一片赞同声中持异见者，是行星科学家卡尔·萨根。他评论道：“‘水手4号’在这颗行星上拍了20张照片，1公里内纤毫毕现。现在，如果你在地球上拍摄20张分辨率为1公里的照片，你根本不可能在上面发现生命。然而人们说：‘好吧，我没在这颗行星上看到任何活物，那肯定是颗死星了。’这个逻辑真是糟糕透了！”[112]1969年飞掠火星的“水手6号”和“水手7号”传回了更多陨石坑的照片，这对赞成卡尔·萨根的人来说是个打击。1968年，萨根、克拉克·查普曼和詹姆斯·波拉克仍旧提出警告：我们现在知道的还太少，下结论说这是个死去的世界为时过早。“如果大量的被水侵蚀的地貌——比如河谷——在火星早期存在过，我们并不能指望在‘水手4号’的照片中看到它们的任何蛛丝马迹，除非它们的尺度比地球上典型的地貌还要大。”他们写道。[113]但这只是少数人的观点。

这种情况持续到1971年，那时“水手9号”成了第一个绕非地行星公转的探测器。作为火星轨道飞行器，它能提供持续不断的观测——并不只是飞掠。它所观测的这颗行星正如萨根对所有人提醒的那样，体积巨大。（火星直径只有地球的一半，但它没有海洋，所以陆地面积可与地球陆地面积比肩。“水手4号”、“水手6号”和“水手7号”在任务中都只拍到了十分之一的陆地。）“水手9号”传回的第一张照片毫无特征，除了南极冰盖和赤道附近四个神秘的暗点。一场全球性的沙暴正席卷整个火星表面。[114]几周过去，赭云消散，大幕拉开，一出关于火星与人类智慧的古老戏剧开启了新的篇章。

大气澄净下来之后，四个暗点就清楚了，它们是像陨石坑一样的环，四五十英里宽。但陨石坑为什么会出现在山顶上呢——难道是由于尘埃是从上往下被清除的？实际上那些是巨大的盾状火山的火山口。这是始料未及的，尤其是对那些认为火星和月球一样没有明显的火山的人来说。随着尘埃的沉降，另一样缓缓露出面目的东西是一个巨大的峡谷，它有3英里深，近100英里宽，长度相当于从洛杉矶到纽约。它是太阳系最大的峡谷，被命名为水手谷，以致敬“水手9号”。剩下的沙尘全部消退后，蜿蜒的峡谷都可窥见，其中有些还有扇形的支流。这些古老的河床或洪泛区显示着水曾流经这里。如果是这样的话，火星一定有过比现在更稠密的大气。现在的火星十分寒冷，它的大气与地球上115000英尺的海拔高度相当；在这种环境下，水会从冰直接升华成水汽。“我们对火星的看法被彻底改变——而且是又一次，”布鲁斯·默里写道，“洛厄尔的类地火星说一去不复返，在我们前三次飞掠火星之后诞生的类月火星说也不复存在。”[115]火星展现的是一个只属于它自己的世界，有着在它广袤美丽的大地上书写的独特历史，那是我们仅靠短短一瞥所不能破译的历史。

“水手9号”拍摄了超过7300张火星的图像，最佳分辨率可达100米（这意味着它最小可以分辨出一座棒球场）。1976年抵达火星的两架“海盗号”登陆器和轨道飞行器在轨道上拍摄了46000张高分辨率照片，有些分辨率可达10米，在两个登陆地点更是拍摄了数千张照片，让火星的光彩触手可及。在这些没有互联网的时代，“海盗号”的图像被打印出来，装订在活页笔记本里，储存在13座被称作区域行星影像中心的小图书馆里，分散在全国各地。我曾在这些站点驻足，沉醉在那些图片中，意识到自己生活在历史上的此刻是多么了不起。现在我们可以知道，阿尔及尔和大流沙地带都是陨石坑，它们颜色暗沉，并非由于上面覆盖植被，而要归因于自环形山形成时风吹出来的地下沙粒；洛厄尔曾把太阳湖标记成一个运河交汇点，其实那里是一片云雾区域；斯基亚帕雷利的奥林匹斯山之雪其实是覆盖着白雪的山——巨大的奥林匹斯火山。

“水手号”和“海盗号”，还有诸如“火星探路者号”和“火星环球勘测者号”所做的后继飞行，都留下了许多未解的谜题。火星上是否有过大量的流动的水，至今我们仍旧不得而知，它可能以湖、河、径流的形式，或者在短暂温暖的时候以罕见山洪的形式存在过。后来水怎么消失了，也没人知道：大部分水可能仍旧留在火星上，因为也没什么已知的力量可以把它们都送出火星；也许它们被锁在土壤里，成为永久冻土。火星是如何在10亿多年前冻结的，也无人知晓，但最有可能的是火星上曾经存在着液态水，有可能存在过生命，也许将来某天我们会发现证据，比如化石结构，或是在土壤中冬眠的微生物。

火星也有季节和气候变化，我们对这方面了解越多，就越能了解自己的星球是如何运作的。然而，要研究火星的气候系统，得在尽可能多的地点搜集时间尽可能长的数据。太空探测器为此能做出不少贡献，但也仅仅是一小部分。“海盗号”任务对着火星拍摄了2年。“火星探路者号”登陆器从一个站点传回了时间周期长达3个月的影像和数据。“火星环球勘测者号”运作数年，从轨道上拍摄了7万张照片，但它拍摄的高分辨率图片都在非常小的范围内，很难合成到全球气候模型中去。而哈勃空间望远镜忙于探测深空天体，只能偶然挤出一点空闲时间瞥一眼火星。

这就又要说回到天文爱好者，以及我当初觉得行星研究到探测器阶段就宣告结束，为什么是错误的。

毕竟爱好者观测火星已长达数个世纪，硕果累累。火星的两颗小卫星——火卫一和火卫二是业余爱好者阿萨夫·霍尔于1877年发现的。阿萨夫·霍尔家境困窘，曾因交不起学费而被迫中断大学天文学的学习。尽管如此，他还是获得了美国海军天文台的职务（亚伯拉罕·林

肯总统曾独自来到这里探讨天文）。业余爱好者在火星上观测到火山和部分水手谷，比专业天文学家研究“水手号”拍的照片要早几十年，尽管他们那时候还没法很清楚地看到上面有什么。在19世纪和20世纪初，甚至有一份引人入胜的报告声称一些观测者看到了火星上的环形山。[116]太空时代的到来开启了火星探索的新篇章，但并未改变一个事实，那就是很多优秀的业余观测者用望远镜研究这颗红色行星，比专业天文学家更具经验。

业余爱好者拥有庞大的观测队伍和望远镜数量，足以将火星置于大面积的、旷日持久的监视下。业余爱好者在一些友善的专业天文学家的帮助下，自己组织起了观测队伍，比如国际火星巡视组织。它由小查尔斯·F.“小鸡”·卡彭于20世纪60年代建立。世界各地加入该组织项目的观测者用自己的望远镜勘查着火星，产出的报告比其他天体都要多，使得人们在“水手号”和“海盗号”任务之前，对作为一个完整世界的火星获得了一些认识。我翻阅着卡彭的报告，那是他在1964年到1965年火星大冲期间在加利福尼亚州大松树区的桌山天文台完成的观测报告，里面有夜间的天气报告。他提到“在‘水手4号’飞掠期间弄清并预测大气走势和表面情况”。通过在大尺度上连续监测火星天气的变化，一个人可以很快了解到自己的工作是多么有价值。[117]一些业余爱好者还做了如下观测：“北极冰盖清晰且明亮，在火星春季期间快速消退。北半球的灰色融化带异乎寻常地弱。”“蓝色的晨光中出现大片位于边缘的阴霾。”“在这个季节看火星，大气中有大量湿气可见。在埃律西昂平原上方的蓝色和紫色亮光中捕捉到大片的云。

克律塞沙漠东部边缘上方有薄的小范围晨雾。”“靠近大流沙地带南部边缘的利比亚、克罗齐、赛诺奇亚和阿瑞亚沙漠有结霜的记录。”“北极冰盖清晰、锐利、雪白。南极冰盖持续消退。”[118]

业余爱好者没有被太空探测器拍摄的近距离照片打击到，而是加倍努力——也许是由于充满了新鲜的热情，因为他们现在往往更清楚自己想要找寻什么。1988年6月火星上的那场大型尘暴几乎全都是爱好者观测到的。“那场尘暴时间很短，所以，专业天文学者即便知道它，也无法在短时间内申请到望远镜使用时间，还有可能遇上坏天气和不好的视宁，”医师兼天文爱好者唐纳德·帕克记录道，“业余爱好者真的帮了大忙，专业天文学者都很高兴。”[119]斯蒂芬·詹姆斯·奥马拉提到业余天文爱好者“监测到了它开始和结束的时间及地点；他们记录了沙尘如何大面积改变地表的样子；他们以录像、照片、绘图的形式记录了尘暴的全过程”。[120]1990年，七个国家的天文爱好者观测到了三次火星尘暴，而专业天文学者一次也没观测到。1992年到1993年的火星冲期间，业余爱好者装备了CCD相机，发现火星北极冰

盖消退的速度比专业天文学家预测的要快。他们还发现了火星上异常丰富的水蒸气云，这意味着冰盖萎缩的时候火星大气会变得异常潮湿。

“最精彩的也许要数二氧化碳和水冰构成的赤道云带，”唐·帕克和理查德·贝里记录道，“在这鬼魅般的东西出现之前，”——这里指的是冲日期间持续数月变亮变大的火星——“观测者以为这样的云是很罕见的现象，但冲日后期，这种赤道云带在各种契机下被观测到并拍摄了下来。冲日期间的这个鬼魅的照片有很多都是用CCD相机拍的。CCD相机若校准得当可以非常精准，哪怕只比行星本身亮1%或2%的地貌都能被增强。随着数字图像的发展，我们最终可以看清楚这些云。”[121]至20世纪末，国际火星巡视组织整理了超过3万次的观测，涵盖火星的15次冲日，研究这些数据的专业研究人员遍布世界。

业余爱好者的报告也不是完全没有错误的。像大流沙地带这样颜色较暗的火星地貌常被记录成“绿色”，这就支持了洛厄尔认为其上是覆盖着植被的观点，但现在我们已了解到，那是由于较暗的中性色区域和行星红色圆面的对比所导致的视错觉。直到20世纪60年代末，还是有些观测者毫无顾忌地讨论着“运河”，尽管许多人用的是“运河样地貌”这样的说法，并描述它们在极佳的视宁条件下会消失。但在通力合作、高科技和粗糙的内部同行评议的多重效果之下，在了解火星这项人类前赴后继的事业上，天文爱好者还是扮演了非常重要的角色。

火星和月球一样，在地理上分为高地（那里有很多古老的陨石坑）和低地（那里较新的岩浆冲刷掉了旧的陨石坑）。南半球主要都是高地，而低地大部分在北半球，这让火星成了一颗奇异的不对称行星。这种不对称的原因尚不知晓。巨大的火山星星点点地分布在一个叫作塔尔西斯的巨大隆起区域，该区域的宽度超过北美洲，高度约6英里。（水手谷自塔尔西斯突出部的一条边缘形成一个裂缝。）这些规模巨大的火山意味着即便在非常早的时期，火星也没有足够多的热量来驱动板块构造。相反，从很早的时候它就是个“单一板块行星”，在这种天体上由于板块并不会移动，创造火山的岩浆热点会一直在火山下方，导致火山长得特别大。这暗示着标志火星温热季节结束的剧烈变化一定和支持火山活动的内热不足有关。但至今无人知道这是如何运转的。要解决这个谜题，可能最终还是需要实地的地质挖掘。有一次我问宇航员凯瑟琳·苏利文，如果她去到火星，她愿意在那里待多久。“让我待多久我就待多久！”她两眼放光地回道，“把我放在塔尔西斯一年，我能给你打开这颗行星的所有钥匙。”[122]

极地冰盖的构成又是另一个谜。南北两极在当地冬季气温低于零下125摄氏度的时候都覆盖着干冰，不过其他时候它们各不相同。南

极冰盖上的干冰层消退之后，底下就露出永久冰盖；永久冰盖可能是由干冰和水冰混合而成的。而在北极，干冰在夏末则直接全部升华，露出比爱尔兰海还要大的水冰盖。两者不同的原因也不得而知，但也许和火星季节时间的强烈变化有关。

火星动力学的三个方面——这颗红色行星的极轴倾斜度、岁差和公转轨道形状——联合起来造成了它季节的长期变化。目前火星的极轴倾角是25.2度，与地球的23.5度颇近，但假以时日，这个数字会在15度到35度之间摆荡，这要归因于大行星木星和土星施加的引力作用。[123]（火星尤其易受这些因素影响，因为它的质量集中在塔尔西斯突起，在动力学上不稳定，就像一个旋转的陀螺上面粘着一块口香糖。）季节变化主要是由极轴倾斜导致，半球某段时间朝向太阳，当地遂为夏季，而当火星极轴极度倾斜时，季节变化就比火星极轴直立时更为明显。岁差让这个情况更加复杂——岁差是极轴的一种缓慢的圆周形摇晃，有点像陀螺减慢速度时的样子——火星的这种摇晃周期约为173000年，而地球是25800年。此外，火星的公转轨道比地球更接近椭圆形，偏心率更高——达到了导致它偏离圆周轨道的程度——这让火星在历史进程中改变得更彻底。[124]

火星明显经历过极端残酷的时期，那时北半球直指太阳，而椭圆形轨道又让其极为靠近太阳；有时候太阳距离和火星自转倾角的作用可以相互抵消，所以散布着一些比较温和的时期。一般认为地球没怎么经历过这种事，部分原因是巨大的月球在类木行星的引力“抽吸”效应面前扮演了保护盾的角色。火星上季节的剧烈变化导致了大型尘暴的产生，夏季被吹到极地冰盖上的沙尘会被新的冰封冻在那里。在南半球的夏季里，南极冰盖是可见的，由冰和尘组成的长条指状体构成一种错综复杂的形态。这种层积的地形有望在将来的研究中告诉我们火星季节变化的更多细节。

对于火星上水的准确历史依然有待书写。地理学记录显示了可能由洪水冲刷而成的渠道、可能由地下径流滋养的溪流，还有支流，如行星科学家戴维·莫里森所说，这些支流“向我们揭示了火星曾有着自由奔腾的河流，也经历过奇迹般的雨水”。[125]这些地貌大多只发现于高地，所以火星的温热时期很可能出现在行星形成后最早的几百万年里，那时火星的低地还没有被岩浆流所覆盖。也许火山的形成机制和塔尔西斯突起的机制一样，火山又导致了那些曾经的冰冻泥土融化，形成洪水。“火山加热可能释放了火星表面的水分，导致突然的偶发性洪水，”莫里森写道，“也许每一次洪水只会持续数天或数周。也许水在高海拔地区很快蒸发或是重新封冻。也有可能湖水或海水在像克律塞这样的盆地短期冰封。我们不知道。”[126]

和对待金星一样，要想彻底了解火星，不仅仅需要科学上的好奇心，更多的是需要人类利己的本能。地球是我们赖以生存的地方，至今我们也未曾彻底了解它的历史、它现在的状况，或是它的将来。我们对一些基本的事实那样无知，比如冰川时代为何形成，是什么导致了地球磁极多次反转、南北磁极颠倒，全球变暖对人类生存和保护着人类生存的生态系统有什么样的影响。比较法最适用于科学研究，要研究地球，最好的方法就是研究相似的行星，而这样的研究的最佳目标就是火星。这项事业需要获得所有可能的帮助，无论这些帮助是来自业余爱好者还是来自专业工作者；而且由于我们刚刚开始了解这颗行星上的事物，难免会充斥着繁杂的意外发现，如果我们不打算被无尽的细节淹没，工作的开展就需要合理分工。去掌握一个世界的知识需要耗费不止一生的时光。

“海盗1号”在火星上逗留的第一天非常漫长，快结束时我和卡尔·萨根并排坐在帕萨迪纳一间出租公寓里的沙发上，我们头抵在一起，举着登陆器拍的一幅2英尺长的黑白全景照片，将它稍微卷起，这样它正好可以像电影银幕一样填满我们的视野。这张照片印出来还不到2小时，依然残留着暗房里显影液的湿气。

“集中你的全部精力，”卡尔敦促道，“想象自己就在那里。”

我们静静地看了好久。景中是登陆器的顶部。稍远一些是上百块散落的石头和一些大块岩石，在火星上夏日的傍晚，它们投下长长的影子。地平线处大约四分之一英里远的地方，有一个灰白色的岩层露头处。卡尔把食指放在那个点上。“看这个，”他说，“你看到了什么？”

我凝视这个岩层露头处，我的大脑努力地搜集着信息，直到将它织进了《一千零一夜》中的一个幻象，我给卡尔描述道：一片小小的绿洲，上面有闪烁的湖泊，沿岸生长着红树林，一棵孤单的棕榈树竖立在天空下。

“我，”卡尔说，“跟你产生了一模一样的想法。”[127]

黑暗尽头的光：拜访詹姆斯·特瑞尔

用美国艺术家詹姆斯·特瑞尔自己的话说，他是在1942年2月25日那天晚上被怀上的，那晚他父母在加利福尼亚州帕萨迪纳的家中庆祝他们修缮了一个新房间。[128]这个房间三面都有窗，窗下方是42英寸的护墙板，他的父亲可以透过窗户观察鸟类，并且通过吹口哨模仿不同的鸟鸣来诱引它们进屋。2月25日夜正值“洛杉矶大空袭”，当时高射炮火为了响应雷达上的可疑信号，向空旷的天空射击。当夜，和战时的其他夜晚一样，窗户都覆上了遮光帘。特瑞尔——这对老夫妇的计划外的孩子就在这个三面环窗的屋子里成长起来。他很快就开始在遮光帘上刺出小洞，以便标记恒星的位置。

“我6岁的时候，为了维护我对这个房间的主权，我用一根大头针或是缝衣针在遮光帘上刺出洞来，做出星星和星座的图案，”他回忆道，“对于很亮的星，我就用更大的洞表示。拉下遮光帘、关上灯，你可以看见整屋的星星。那不再只是遮光帘上的洞，而是真实世界的出口。通过改变白天意识清醒时的现实，一个人可以在这个想象的空间里看得更远，直到看见恒星，它们虽然被太阳的光芒遮蔽，但其实就在那里。”[129]

“为什么我们白天看不到星星，这个问题深深吸引着我——其实是光遮蔽了我们，”特瑞尔最近对我说，“光也不尽然就是照亮一切的，有时候它照亮的一些东西反而会遮蔽你真正想看的东西，这个想法令我着迷。这解释了我为什么看不见星星。我继续添加天空的不同部分，于是它成为某种创造性的天空——但无论如何这也是真实天空的样子。”[130]

特瑞尔在各种作品中操纵光——不用光学元件——如他所说，是为了“温和地促进我们重新检视我们的所见”。[131]他的很多装置都是让受到严格控制的一点点光进入一个封闭的空间，把人们拉回到他童年的那个被遮光帘遮蔽的房间中去。它们这种简略的黑暗意味深长，引发出特瑞尔的两大观念影像——柏拉图的洞穴和相机暗箱（字面意思就是“暗的房间”，即一间小室，上面有个洞，可以把外面的景象投射到里面去），同时隐喻了人类头颅的神秘内部，在黑暗中，这里呈现出我们每个人所看到过的所有光芒。

特瑞尔在洛杉矶将一座废弃的加油站整饬一新，把它变成了屋顶有开口的房间，用他的话说，“足以把天空摘下来呈现给你”。[132]他还曾在长长的隧道里点灯，游客走向光源的时候都不知道自己要走多久——从某种意义上讲，这就是一个人经历人生时所面对的状况。看这种作品容易迷失方向。[133]特瑞尔曾在1982年被告上法庭，原因是他做了不少看似实体，实则是一团光的墙，一位妇女参观纽约的惠特尼美国艺术博物馆时试图靠在这样一面虚无的墙上，不慎跌倒，摔伤了自己的手腕。特瑞尔还有些创意干脆暗到人眼得暗适应15到20分钟才能看清到底是什么东西。即便如此，也鲜有人确定那里到底有多少东西。（特瑞尔的理念是暗光扮演着“激发内心深处的视觉”的角色。在加利福尼亚州奥兰治县，他展出了一盏昏暗无装饰的红灯，外面是一层蓝色光圈，警察关闭了这个展出，因为有投诉说他的展出涉及色情。特瑞尔的理念正是诞生于此。）在这里，就如同仰望星空时一样，一个人会意识到自己被限制在头颅中，并试图通过这些忽隐忽现的暗影联想起客观世界。

特瑞尔打小就是飞行员——他的父亲是一个航空工程师，曾自己制造过飞机——曾以航空绘图员的身份谋生。在1974年，他首次发现了罗登火山口，那是在亚利桑那州弗拉格斯塔夫彩色沙漠边缘的一座死火山，他以此构思出一个巨型艺术品。利用挖土设备对火山口的锥形结构进行修整，可以美化它的等高线，以此来增强它对“天空穹顶”的衬映效果。（破火山口直径为814英尺，呈几乎完美的圆形，所以只有内部斜坡需要加工一下。）隧道与古金字塔里的类似——而且也和它们一样，与日月星辰排成直线——联结着“光的天文台”，在那里天空挤进了黑暗中。

对于一个独立艺术家来说，这几乎是不可能的工程。“今天我看着它就在想，当时我在想什么啊！”特瑞尔思索道。[134]不过他还是说服了一个艺术基金会买下这片土地，然后他开始动工。数年之后基金会的资金遇到困难。为了说服银行接受土地作为借贷抵押，特瑞尔不得不把邻近的两座牧场买了下来，开始养牛，现在规模发展到155平方英里，抵押价值为170万美元。他的妻子离开了他，同时批评家把他写成又一个由于开展力不能及的项目而惨遭失败的艺术家。特瑞尔自己也曾怀疑过自己。“艺术家的刚愎自用啊。”他曾对采访者这么说，“你把东西付诸纸上，然后在高处进行品味，接着你意识到自己要移走80万立方码的土石，让这个东西呈现出正确的形状。而你几乎什么也没能改变！”[135]他花了25年，但最终付清了抵押费——他说，“感谢我美丽的奶牛们”——还完成了罗登火山口项目，这是现今最大

的，也可能是留存时间最久的艺术作品。

2000年冬至日下午，罗登火山口还有几个月就要对公众展出，特瑞尔开车载我去看。他是个高大的蓄须男子，每个细胞都透露着艺术工作者的气息，幽默风趣。他把我租的吉普车跌跌撞撞地开上红色土路，驾轻就熟，看起来以前经常这么做。路上我们讨论起飞行。“一个朋友想让我带他去跳伞，我就把他塞进一架双翼飞机，没让他系安全带，然后我就开始转向，”特瑞尔在引擎的轰鸣中喊道，“我跟你说，他就直接掉下去了，和施坦威一样快！看着真是太刺激了。”

罗登火山口进入视野，它在一片由上百个其他火山口构成的地面上升起，在远方模糊的彩色沙漠的背景下显出轮廓。道路两旁目力所及之处，千万年来未曾改变。“看起来像在一颗行星上，是不是？”特瑞尔说，“当然，它就在一颗行星上。”

我们把车停在火山一侧入口处，然后走进一个房间，房间通向一个向上倾斜的锁眼形状的通道，它有14英尺高，1000英尺长。远处是完美的圆形开口，恰能挤进傍晚的斜阳。通道和月亮的“停变线”（在这里月亮不再沿地平线移动，并且从同样的位置升起，直到几天后向反方向移动）平行，因此它大致和太阳的停变线一致。[136]人们在很多古建筑中都曾发现过类似的联结，比如埃及的金字塔、爪哇的婆罗浮屠，还有英国的巨石阵。我试图拍下黑暗的隧道及其尽头那片圆形的白光，但相机的矩阵式测光系统——它将目前对象的明暗模式和存储器图库中的数千幅图像进行比较——突然就失灵了。相机用了8年，第一次死机了。

我们沿着隧道向尽头圆光处蹒跚而行，等到了顶端，发现那根本不是圆形，而是椭圆，从隧道远处倾斜着看就像圆形。我大笑起来，那种快乐令我想起开普勒经历数年的研究，发现行星轨道并非如长久以来人们判定的那样是圆形，而是椭圆。在这样的时刻，艺术如同科学一样，相较于复杂的智力创造，看起来更像是一种直接可用的工具，一把将我们从传统视角拧下来的扳手。

我们通过这间屋子往前走，在墨黑色的通道中摸索出道路——洞口会接收并重塑光线，在建设工程的最后这个阶段可供人攀登——来到火山口中心之“眼”。我们在那里与光融合在一起，躺在地上，看着天空。傍晚的天空仿佛触手可及，似乎就连着火山口的边缘，像一面棱镜。我们又向后走上火山口光滑的斜墙，边缘看起来又变小了。没有东西完全和表象一样——也可以说没有东西会一直符合传统的模式。特瑞尔这巨大的没有望远镜的天

文台尚未完工，却已然在工作了。

太阳已经落下，西天如调色盘，流动着红色和紫色。我们驱车离开火山口，去一家悬挂式滑翔机酒吧喝大罐啤酒。“我们通过艺术和建筑来定义文明，通过这些我们又试图推断某个文明的宇宙学，这是很大的一步——不只是一步，简直是一个飞跃！”特瑞尔说，“但要记住，仅仅是在最近的这个世纪，我们才开始理解星系的概念，而不久之前我们才发现太阳系的存在。我们并未庆祝这些大事件，但其实我们应该庆祝的。这些都是重大的时刻，是思想的飞跃，我很惊讶我们居然不庆祝这些。”

第十一章
天外来石

此后我就总是盯着石墙，

只有在夜里才望向天空，

看星图中的流星雨飞翔。

——罗伯特·弗罗斯特

夜晚流星演奏，照亮碎浪的舞步……

——赫尔曼·梅尔维尔

1993年10月9日夜晚，在美国北部一所高中的橄榄球赛上，数以千计的观众看到了一颗明亮的流星——一个“火球”——横贯头顶，在空中炸开。片刻之后，18岁高中生米歇尔·纳普家的房子后面，一块橄榄球大小的陨石击碎了停在那里的一辆1980款雪佛兰迈锐宝的后挡泥板。米歇尔·纳普听见巨大的响声，冲入雨中，发现她的车被砸了个大洞，在大洞下面，陨石就躺在一个浴缸那么大的陨石坑里。

1992年8月31日黄昏，在印第安纳州诺布尔斯维尔，13岁的布罗迪·斯波尔丁正站在他家前院，与他的邻居——9岁的布赖恩·坎齐说话，一颗小流星尖啸着飞掠他的右肩，冲进草里，距离他只有几码。“我坐下来想了想，”布罗迪回忆道，“还是挺吓人的。”

1954年11月30日，安妮·霍奇斯正在她位于亚拉巴马州锡拉科加的家中沙发上小睡，一颗8磅重的陨石穿过屋顶和阁楼，砸穿了天花板，击碎了她的落地式收音机，在室内反弹，最后击中了她的腿，留下严重的瘀伤。

1511年9月14日，在意大利，有报告说一簇陨石击中并杀死了一个僧侣和打谷场上的几只动物。

616年1月14日，陨石掉落在中国的一个军营里，导致“至少10人”死亡。

472年，在君士坦丁堡，一颗比太阳还亮的流星飞掠上空并爆炸，击倒了街上的人群，倾覆了港口船只，震碎关闭的窗户，给城市覆上一层黑色烟尘。

6500万年前，在墨西哥尤卡坦半岛，一颗直径约10千米的彗星或小行星击中地球，整个地球被尘云和因百万起森林大火而产生的烟雾缠裹。生态系统崩塌，导致了恐龙和其他一些地球生物的灭绝。[137]

观星者观测的目标几乎都很远，而且一直很远——除了陨石，也就是落向地球的石头。陨石，顾名思义，是陨落的石头。（它们在太空中叫作流星体，当它们猛烈地投入大气层怀抱时叫作流星，而坠落到地面或海里的叫陨石。）地球每天要承接上百吨流星物质，它们当中的大部分是尘埃到谷粒大小的颗粒，缓缓飘落，没人注意到。（用手指摸一把积尘的壁炉架，沾在手指上的就有一部分是陨石。帕萨迪纳有个专门研究太阳系尘埃的天文学家，就是靠搜集过滤室外空气沉淀物来研究行星际尘埃的。）每天都有上百万颗这样的物质——大部分就只有沙砾或豌豆那么大——但已足够产生令我们在夜晚惊叹的明亮流星了。它们的光彩来自与大气层的摩擦，尤其是在50英里高的地方，摩擦生热，并使它们的速度减慢，从最初的每小时24000英里，最终减到每小时只有300英里。流星大到一定程度，能在如此炽烈的旅行中存活下来而不完全蒸发掉，一般在减速之后就不会再发光——速度降到比商用喷气飞机还慢之后，大气摩擦就不能产生足够多的热量——接下来的几分钟就只是在空气中滑落，这段旅程叫作“黑暗落体”。大质量流星的速度降得不如小质量流星快，很多都在空气中直接爆裂，或不经过黑暗落体阶段就撞向地面。

比金星还亮的流星被称作火球或火流星。它们可以投出影子并产生声响，声响可分为声爆、远距离的轰隆声或是爆裂声。人们会首先听到来自流星轨迹最低处的声响；接下来随着时间的推进，更高点处的声响逐渐传播到地面，伴随着声音的减小，会呈现出滚雷一般的效果。

目前世界上有近1万颗陨石为博物馆或个人所收藏。这些陨石当中的绝大部分是在让它们的存在显而易见的地方发现的——南极的冰原、北非的撒哈拉沙漠，还有澳大利亚西南地区的纳拉伯平原。科学家们利用它们研究小行星和彗星的构成，因为小行星和彗星是陨石的来源；他们也利用它们去尝试解决一些问题，比如从里面发现的复杂有机分子是否在地球生命起源中扮演了重要角色。不过地球污染也是个问题。比如说，一颗典型的南极陨石被发现的时候，可能已经在冰雪里躺了1万甚至100万年，所以难以辨别当中哪些成分是太空来的，

哪些是后来在地球上沾染到的。因此科学家更倾向于亲手去捡刚从天上落下来的新鲜陨石，那样最“原汁原味”。

尽管可能会令人产生不安，但幸运的是，有一些流星会“友好”地出现在触手可及的地方。1984年9月30日上午10点左右，一颗明亮的火流星在澳大利亚珀斯上空划出一道弧线。几分钟后，两个在南部80英里处宾宁合海滩晒太阳的人听见一声哨音，随后是一声巨响。他们坐起来，看到一颗约1磅重的陨石嵌在12英尺开外的沙子里。10天后，越战老兵唐·理查森从他位于佐治亚州克拉克斯顿县的房车中走出来的时候，被一声哨音吓了一跳，它令他想起迫击炮打过来的声音。原来是一颗陨石击中了他邻居的邮箱。1994年6月14日夜，蒙特利尔东北部，维塔尔·勒迈正在他自己的农场里喂狐狸，突然狐狸们都抬头往上看。他顺着狐狸的目光望去，看到一颗“焰火一样的烟球”，然后就听见一声嘶响和砰的一声巨响。他的邻居斯特凡娜·福西尔出去查看情况，看到一群牛围成一圈站着，盯着中间一个约莫1英尺宽的陨石坑看，陨石坑中间有一颗柚子大小的黑色陨石。[138]1992年8月14日下午，一颗流星在乌干达上空爆炸，在拥有5万人口的姆巴莱城上方落下石头雨。当中一颗石头弹到一个壳牌石油的油罐顶上；别的石头击中了一座棉纺织厂、一座污水处理厂、一座火车站和一座监狱。多科的一名男孩被一块4克重的碎片击中头部，但幸存下来，得以叙述当时的情景。科学家收集到十几块姆巴莱的陨石，经过研究，发现上面都有“黑色熔壳”，这意味着它们的母体在海拔很高的地方就爆炸了，碎块在下落的过程中经大气摩擦而得到烘烤加热。（不过，有些关于新鲜掉落的、“摸上去还热的”陨石的报告，被认为无确凿依据，因为陨石只有表面薄薄的一层会被加热，里面还是冷的。）

陨石像这样直接掉到自己面前的事件毕竟罕见，所以研究者更多地是通过搜集新近的火流星轨迹，对可能掉落的区域进行三角测量来缩小范围，以便有效率地寻找陨石。

这需要业余爱好者或是专业观测者在两个或更多地区，同时拍下或录下火球的情况。但有些时候，一些陨石的发现往往只依赖几个目击者的目击报告，他们对天空非常了解，可以精确报告流星的轨道。吉姆·布鲁克是加拿大育空地区的飞行员，也是户外达人，对地质学很感兴趣。他于2000年1月25日驱车驶上塔吉什湖的冰面，发现了一周前火流星在此地上空爆炸后留下来的碎片。听到了火流星爆炸声后，他回忆道：“我非常仔细地搜索着陨石，一开始看到的时候就怀疑它们的身份，虽然我已经被假情报耍过好几回了。”[139]他背回了几十块碎片，非常注意不去用手碰它们。科学家们发现这些陨石中包含着非常原始的有机分子，可追溯到太阳系的起源。

亮流星的路径若以三角法测得，科学家就有可能计算出这颗流星体坠入地球之前在太空疾驰的轨道。这些数据可以帮助构建流星体的起源。有些陨石的构成告诉我们，它们其实是从月球甚或是火星上被敲下来的。（1911年6月28日，埃及那喀拉出现的一颗陨石砸死了一只狗，这颗陨石来自火星表面。科学家于1984年在南极冰原上搜集到著名的火星陨石，发现上面有微小的结构，表明微生物曾经存在。通过给这颗陨石测算年龄，科学家估计在1600万年前有一颗流星体击中了火星，它是从火星上被炸出来的，最终于公元前11000年落入地球。）陨石就等同于免费的标本采集项目，把小行星、彗星、月球和至少一颗行星的样本送到了地球。

小行星是大部分陨石的前身天体，按体积排列，大的有如谷神星和智神星——直径分别是930千米和600千米，比牙买加岛还大——小的有如办公楼甚至是汽车那么大。它们中的90%都是在小行星带上，那是位于火星轨道和木星轨道中间的一条由碎屑组成的扁平带。陨石的成分显示有些小行星富含铁、镍和其他一些金属（也许将来有一天可作为矿区），而有些则由更轻的岩石物质或金属和岩石的混合物组成。

彗星是陨石的另一主要来源，包含着金属和石头，也有很多冰。这些“脏雪球”（美国天文学家弗雷德·惠普尔对它们的这个称呼流传至今）比煤炭还要黑，因此很难观测到——直到它们开始靠近太阳。[140]靠近太阳后，太阳光加热冰，冰在真空中直接升华为气体。困在冰中的气体受热膨胀，冲破彗星，喷到太空中。

喷流把大块的冰和石头从彗核——彗星的固体部分当中喷出来，然后产生驱动力，不可预料地改变彗星的轨迹。排出的气体产生发光的、围绕着彗核的球形彗发，还产生流动的彗尾，可拖曳千万英里之长。从彗核喷出的尘埃又可产生第二根彗尾。气体和尘埃粒子对太阳风（太阳喷出的带电粒子）的反应是不一样的，所以尘埃和气体尾巴一般呈扇形散开。从彗星上剥离的尘埃和冰在彗星的轨道路径上一路乱洒，像蜗牛的尾迹。地球穿过这样的尾迹的时候，年度流星雨就出现了。

彗星一般属于两大家族——短周期彗星和长周期彗星。短周期彗星的绕日公转周期不超过200年。它们一般都在黄道带上——黄道带就是行星轨道所在的平面——与行星和小行星的公转方向也一样。长周期彗星绕日一圈的时间可达上千年，甚至百万年。它们的轨道什么角度都有，运行方向也没有明显的倾向性。一直以来，上述区别被认为是这两个彗星家族起源不同造成的，最新的天文发现已经证实了这一假说。

大部分短周期彗星被认为起源于柯伊伯带，那也是个小行星带，但更大更远，远在海王星轨道之外。1943年K.E.埃奇沃思提出了有这样一条小行星带的假说，1951年杰拉德·柯伊伯发展丰富了这个假说；但柯伊伯带上的天体都很暗，又比行星小很多，只有在反射遥远的太阳光的时候才会发光，所以直到1990年柯伊伯带上的天体才被观测到。天文学家尚不清楚柯伊伯带上有多少天体，以及这个带状结构延展到多远。有些观点估计其中包含几十亿颗像彗星那样的天体，当中直径超过100千米的有1万颗，这使得它的质量比小行星带要大许多。还有些观点估计，这条带其实相对来说较窄，只从海王星的轨道延伸到冥王星反常轨道的外边界。（冥王星可能就是一颗柯伊伯带天体。）如果短周期彗星来自柯伊伯带，就能解释为什么它们轨道都是椭圆的，且运行方向和行星一致，因为来自柯伊伯带的天体往往如此。

而长周期彗星则被认为是来自奥尔特云——那是一个巨大的球体，可能由万亿颗彗星构成，并在尺度上延伸到与最近恒星之间的中点上。奥尔特云的名字来源于丹麦天文学家扬·奥尔特，他于1950年提出了奥尔特云的存在。（爱沙尼亚天文学家恩斯特·奥匹克当时已经有了类似的想法，但天文命名法则本来就不是一门精细的艺术，所以我们也没起埃奇沃思带或奥匹克云这样的名字。）奥尔特研究了19颗长周期彗星的轨道，计算出奥尔特云内部边缘与太阳的距离大约是海王星的600倍——到地球约三分之一光年——外缘则可能有2光年远。如果说地球轨道的大小等同于放在圆桌中央的一只意式浓缩咖啡杯的边缘，那么小行星带的大小就等于咖啡杯下垫着的沙拉盘边缘，柯伊伯带则是从桌子一侧起，至少延伸到桌下抽出的椅子的背部，而奥尔特云的内部边缘已经在城外了。

柯伊伯带天体一般来说都太暗，业余爱好者很难去研究，但也有些颇具传奇色彩的例外，证明了观星者的一句格言：不尝试就永远不知道自己能看到什么。休斯·帕克是马萨诸塞州诺斯菲尔德镇的诺斯菲尔德赫曼山学校的一名科学老师。1998年10月，他和学生希瑟·麦柯迪、米丽亚姆·古斯塔夫森及乔治·彼得森在观测小行星的时候，克服了种种困难，发现了一颗“海外天体”，那是柯伊伯带的一名成员。学生们通过加州大学伯克利分校的望远镜进行了远程观测，那是面向教育的一个“薪火宇宙”项目，学生在不同时间内对着同一片天区拍摄CCD图片，对比查看有没有相对于恒星移动的天体，比如小行星。用这种方法，他们发现了2颗新的主带小行星，而寻找小行星的工作已经开始变得“稀松平常”，帕克回忆道。他补充道：“事实上这并不意味着可以直接想象自己是行星地球上唯一观测一颗未被发现的小行星的人。

“有一次课上到一半，搜索团队中的一个成员突然告诉我，他们发现了一个新的天体，可能是小行星。我用几乎是不耐烦的口气催促他们继续跟进，运行程序搜集他们这颗新天体的所有信息。等我在电脑屏幕上回看时，我就为自己刚才对于这个潜在的新发现太过随意的态度感到有点羞赧。”帕克越过学生们的肩膀，看到他们正在电脑屏幕上检查着一对黑色和白色的点，他们断定这些都是假的——也许那只是宇宙射线在CCD芯片上留下的痕迹。接着帕克看见另一对星点，学生之前并没有注意到它们。“我又惊又喜，脖子后的汗毛都竖了起来，”他回忆道，“那组星点恰恰是我想看到的，也许我们发现的是一颗海外天体！几年来我做梦都在等待这一刻，我很清楚我们在找什么。我们从一开始就知道这样的天体会出现在我们的图片里——

如果我们对图像进行仔细的处理和检查，就一定能在比海王星和冥王星更远的地方发现它们的藏身之处。

“我尽力保持克制，自行检查，并维持着自己作为教师的角色，把手背在身后，以免自己在屏幕上指指点点。我强迫自己后退走开，告诉他们继续看。令我高兴的是，我没走几步路就被他们叫了回来。欢愉的想法和感觉在此刻传遍全身，无可名状。我脚尖点地旋转回去，露出大大的笑容，压抑着兴奋对他们说：‘太好了！’这真是我作为一名教师最美妙的一刻。”[141]帕克问学生是否知道这两个星点（在两张拍摄时间不同的照片里移动的同一个天体）与他们之前拍摄的小行星的星点组相比，靠得非常近的意义所在。他们准确地答道，这意味着这个天体运行得比小行星慢，所以必定离太阳更远，帕克告诉我这段故事的时候，满眼含泪。他们发现的这个由冰构成的天体直径约100英里，后来被命名为1998 FS144，被天文学家广泛用于太阳系结构的研究。

奥尔特云里的彗星和柯伊伯带的天体一样暗，但距离更远。目前条件下只能在它们当中的某颗偶然从一颗恒星前面经过，导致恒星短暂地闪烁的时候发现它。但当一颗彗星喷发着进入内太阳系，在靠近太阳的过程中亮度持续增加，它就可以直接被看见了。只要时间够长，总会有一颗巨大的彗星或小行星真正击中一次地球——取样返回任务就是一次复仇。所以后院观星者用望远镜搜寻之前未被发现的小行星和彗星，都是在自发地参与两个任务——研究我们的起源，防患于未然。

流星观测是观星活动中最容易、最愉快的一种，也不需要什么设备。你只需躺在一条毯子或一把躺椅上，享受星空，等待流星划过。人眼只能看到10%到20%的天区，所以观星者越多越好。过去几乎所有有组织的流星观测都是由业余爱好者进行的，有些观测活动为计算

流星数量，还专门召开严肃的讨论会。观测者被分配到不同的方形天区，有时干脆以场地上横七竖八的电线划分区域，每个观测者都被严格要求只盯着他自己那一方天区看，哪怕周围其他人因为看到一颗非常好看的流星而发出“噢噢噢！”或“啊啊啊！”的喊声，都不许移开自己的目光，以免错过他自己负责的那块天区里的流星。但现在流星计数可以用雷达反射和长时间曝光的技术来实现，观测者没有了压力，可以轻松享受。他们如果想贡献一些科学数据，可以架设起一架相机。当天空中炸开一颗火流星，图片可以帮助确定流星落下的位置，在那里就可能找到新鲜的陨石。

任何一晚都有可能看到一两颗偶发流星，但看流星最好的时候是在周期性流星雨期间，即地球穿过一颗古老彗星的尾迹的时候。流星雨一般以流星向外“辐射”的起点所在的星座命名，也就是说，如果你沿着流星轨迹往回画延长线，它们最终相交于一点。也没有必要只盯着辐射点看——流星从那里出来，但往往要飞到别的天区才会燃烧——不过知道辐射点的位置能让你区分偶发流星和群内流星。无月光的夜晚是最好的，因为月光会遮挡一些暗弱的流星。后半夜比前半夜看到的流星更多，因为这时候地球的自转——从北极点上方看是逆时针——把我们转到了运行轨道的前方。地球朝前的一面接收到的流星比后半边多，与一辆快速行驶的汽车前挡风玻璃淋到的雨比后窗玻璃多，是一个道理。

英仙流星雨极大一般是在8月12日前后，是北半球赏心悦目的夏季景观。无数个夏季的英仙流星雨之夜，我都睡在户外睡袋里，差不多每个小时都醒一次——恒星每小时移动15度，从恒星位置的变化，我们可以轻松知道时间——看几颗流星滑落，然后继续睡过去。英仙流星群是由于地球遭遇了斯威夫特—塔特尔彗星身后的碎石尾迹而发生的，这颗彗星是天文爱好者刘易斯·斯威夫特于1862年发现的，他白天经营一家五金店。刘易斯·斯威夫特发现这颗彗星三天之后，哈佛大学天文台的贺拉斯·塔特尔也独立观测到了这颗彗星。这颗彗星的周期约为120年，但它的碎片几乎是均匀地洒在它的轨道路径上的，这让英仙流星群相对来说比较稳定。

其他很多年度流星雨的母彗星的尾迹没那么均匀，因此也不易预测。象限仪流星群（1月3日至4日）有时候会非常壮观，但母彗星碎片尾迹非常狭窄，所以流星雨极大只持续几个小时。猎户流星群（10月16日至27日）来自哈雷彗星的尾迹，流星数量从1900年每个观测者每小时能观测到10颗，到1922年高达35颗不等。（一场数量可观的流星雨应该在每小时20颗以上。）和坦普尔—塔特尔彗星有关的狮子流星群则经常令人失望而归，只有几个观测者在1小时内看到8颗到

10颗。但在狮子流星群所属的彗星尾流中，至少有一个特别大的碎石群，地球于1833年11月12日夜晚撞向那个碎石群。天文作家阿格尼丝·克拉克描述了当时的场景："天空各个方向都布满了闪亮的划痕，壮观的火流星照亮天空。在波士顿，流星雨的频率估计相当于一场中等暴雪的雪花的一半。"到了黎明，估计有1万颗亮流星燃烧着划过天空。如此巨大的数量让辐射点非常清晰，它就在狮子座，辐射点在夜晚与众星一起向西移动，这个发现帮助证明了亚里士多德流传甚广的认为流星来自大气层的观点是错的（拜这种古老的观点所赐，至今天气研究仍旧叫"meteorology"[142]）。

历史资料表明，地球每隔32或33年会穿过一次狮子流星雨所在的彗星尾流的富集区，但迫不及待的观测者为这几十年一遇的事件彻夜等待，却往往失望而归。天文学家用雷达绘制狮子流星雨尾流碎片的地图，发现这场流星雨非常不稳定：尾流富集区的厚度只有2.2万英里，地球沿着自己的绕日轨道以每小时6.6万英里的速度疾驰，穿过富集区密集的中间区域的时间不到1小时。如果在这个小时里，地球运行方向朝前那一侧的地区是太平洋这样的地方，那就很少有人能看到流星雨。

1999年，流星雨专家装备了雷达，能预测到这一年狮子流星群在欧洲东部会非常壮观，在欧洲西部也会很可观，但等到美国地区转到地球右侧的时候会逐渐减少。事实证明预测极度精确。狮子座的烟花在欧洲东部上空绽放，每小时3000多颗流星的壮丽景象令观测者激动不已，但我在加利福尼亚这边只能看到几颗零星的小流星，它们低低划过东边的地平线，轨道长而平，像远处战场上的炮火。

无论是业余爱好者，还是专业的射电天文学家（他们收听远处台站的射电广播），都能侦测到看不见的流星，哪怕是在白天。商用的调频广播会反弹流星雨的电离尾迹，超出范围的广播有时候也能被普通的接收器捕捉到，不过只有几分钟。我们只需要把广播调到收不到任何台的波段，然后等待即可。三个业余射电天文爱好者——

约旦天文学会的穆赫德·阿劳奈、穆赫德·乌达和塔里克·凯特贝报告说，他们在艾兹赖格沙漠探测到FM广播反弹了流星余迹。"要区分信号是来自流星的反射还是飞机之类的反射，要领是流星的反射信号非常突然，大多数响而清晰，然后逐渐消失。"他们写道。[143]

数个世纪以来，人们偶尔能看到类似流星的闪光击中月球。坎特伯雷的一个叫杰维斯的僧侣记录道，在1178年6月25日傍晚，"五六个人面朝月亮坐着"，看见月牙一角"裂成两半"，"裂口中间出现一道燃烧的火光，喷得很高，火星四溅"。接着，从一角到另一角，整个

月牙都蒙上了一层暗色”。[144]使用望远镜的观测者也曾在月球暗影中看到过闪光，1953年拍摄的一张照片中也有这样的闪光。但专业天文学家倾向于对这些报告持怀疑态度，他们指出，那些看起来像是月球上的闪光的，可能是飞行器的闪光，或是胶片上的瑕疵。

直到1999年的狮子流星群——那场照亮了欧洲东部天空的流星雨——这个争论才得以有结果。11月17日夜晚，休斯敦的一个叫布赖恩·库德尼克的业余天文爱好者，用他的14英寸望远镜在月球暗面上看到了一道橘黄色闪光。他向戴维·邓纳姆报告了这一情况，邓纳姆也是个观星者，他白天的工作是计算航天器轨道。邓纳姆检查了昨晚流星雨期间他在马里兰芒特艾里通过自己的5英寸望远镜录下的月球影像，然后发现一道闪光被录下来了，就在库德尼克报告的方位和时间。[145]当晚一共有狮子流星雨造成的五次月球撞击被两架摄录机录下并确认。这些业余爱好者开拓性的工作证实了月球上的闪光是由流星撞击造成的，而且在地球上是可以观测到的。将来我们也许可以通过分析这些闪光的光谱来研究月球土壤的构成，寻找月球上水的痕迹。

邓纳姆是业余爱好者组织——国际掩食测时协会（IOTA）的创始人之一。掩是指一个像月球或小行星之类的前景天体，从一个更远的天体（通常是一颗恒星）面前经过。月掩星一般发生得很突然，因为月球几乎没有大气，所以计算月掩星的时间可以获得关于月球位置的精确数据。月球“掠掩”，指的是恒星在月球环形山后消失又重现的现象，可以帮助改进不曾精准描绘的月球极区的轮廓。

预报小行星掩星是很复杂的一件事。一颗遥远恒星的光将小行星瘦长的影子投在地球表面，形成一道狭窄的路径，小行星掩星因此形成。每年能观测到的小行星掩星有上百次，但由于小行星和恒星的位置记录会有错误，预测要追踪的小行星影子的路径时也容易有误差。掩星观测者常常观测成痴，以至于有一本天文手册警告他们不要在铁轨上架设望远镜，以免在全神贯注地看那宝贵的、针尖大的星点的时候，被火车撞到；还有一种风险是你把他们引到大老远，结果什么也没看见，这会把他们气死。

掩星时间测定的数据能提供有关小行星大小、形状和构成的数据。小行星的形态“异彩纷呈，有的像蜥蜴的头，还有像四季豆、臼齿、花生豆、骷髅头的”，行星科学家埃里克·阿斯佛格这样描述。[146]有种理论认为许多小行星并非实体，而是碎石堆。这样的小行星不可能有很快的自转速度，否则离心力会让它们分离。最初的迹象就是小行星自转速率有一个一刀切的上限，这表明至少有一部分小行星其实更像是熔渣，而非大卵石。但目前只有少数几颗小行星有足够精确的图像来做测定，所以业余爱好者可以利用掩星来绘制小行星的形

状，以此丰富数据库。邓纳姆于1991年1月19日拍下了主带小行星艳后星掩一颗9等星的录像，并将他的数据与其他观测者在美国东北部不同地区获得的数据合并，以此获得了它的轮廓图像。轮廓显示艳后星形似一枚花生，或是一根狗骨头，大小约为240千米乘70千米。操作阿雷西沃望远镜的天文学家利用发射到艳后星并弹回的雷达波确认了这个不寻常的发现，另有科学家利用智利拉西亚欧洲南方天文台的3.6米望远镜获得了艳后星的剪影。[147]他们发现艳后星的自转速率是比较慢的，符合它的熔渣结构特点。

要发现之前没有被发现并编目的小行星，最好的办法就是沿着黄道带，以背景恒星为参照寻找移动的暗弱亮点。业余观测者几十年来都这样拍摄照片，以此寻找小行星——乔尔·H.梅特卡夫是新英格兰的一个牧师，到1925年去世之前，他一共发现了150颗小行星——但等到CCD武装了爱好者和科学家，发现速度就大大加快了。日本大泉的小林隆男用CCD相机和一架10英寸反射望远镜在一个月内发现了100颗小行星。这速度只是当时运作的最大的专业小行星定位项目的十分之一，但这毕竟说明了业余爱好者和普通的设备也是可以在天文学上做出贡献的。

业余天文爱好者兼科学作家丹尼斯·迪奇科在用CCD拍东西的时候意外发现了8颗小行星，于是开始想，如果他决心要找更多，该怎么做。1995年10月的一个夜晚，月光太亮，无事可做的迪奇科拍下了黄道带上双鱼座区域五张重叠的CCD图像，然后在第一块天区就发现了3颗小行星。“其中1颗是已知的小行星，但不知怎么偏离了预测的位置，”他记录道，“但另外2颗是新的，我因发现这2颗小行星而获得了声望。幸运之夜？并不尽然。到今年年底我又花了八个晚上搜索，只有一个晚上，我成功地捕获了另外21颗经确认的小行星。”[148]迪奇科公布的工作报告鼓舞其他爱好者在这个领域一试身手——当中就有杰夫·梅德科夫和戴维·希利，两人利用自己写的电脑程序，帮助他们在睡觉时用CCD相机和望远镜拍摄图像，设备运行了三个夜晚就发现了3颗小行星。

天文学家在跟踪已发现的小行星，以获取更精确的轨道数据的时候，也常常把它们跟丢。小行星公转轨道须得构建完整，以便数年后还能“重新获取”；轨道经确认之后，小行星才能被命名并编号——但尴尬的是，还是有些被命名并编号的小行星的位置会出错。1911年发现的719号小行星阿尔伯特星失踪了89年，直到基特峰的“太空监视计划”团队成员重新发现了它；还有878号小行星米尔德丽德星，它失踪了75年，直到1991年被重新发现。业余爱好者能够帮助解决这个问题，通过重新捕获已发现的小行星来修正它们的轨道，并跟踪他们自

己发现的小行星。“天文学家鲜少能够追踪新发现却平淡无奇的小行星；而业余爱好者不一样，对于他们来说，在他们新发现的‘空中地产’中找寻纯粹属于自己的乐趣，则容易得多，”迪奇科写道，“花费数夜甚至数月观测新天体，总能得到一些与之前的发现吻合的精确轨道数据。”[149]

用大双筒望远镜或小的广域望远镜也可以发现彗星。比较推荐的方法是在临近晨昏时分巡视天空，寻找亮到足够被发现，但之前又躲在日光中没被看到的彗星。最重要的是观测者要有一个足够暗的观测点，对夜空很熟悉，并且持之以恒。

如果你所在的地区夜空不够暗，就会出现你原本有可能发现一颗彗星，却被别人捷足先登的情况。威廉·利勒是一个经验丰富的专业天文学家，退休后致力于业余天文，他建议，如果你想要认真进行彗星搜寻，你得能见到像12等那样暗的天体。只要夜空够暗，镜片够干净，暗弱的天体最小可以用3英寸孔径的望远镜看到；但想要发现彗星毛茸茸的斑影，就需要更强一点的聚光能力，尤其是当你不知道从哪里开始找的时候。

熟悉夜空可以加快寻找的进程，因为这样你就不用每看到一个星云的光就检查一下星表。梅西叶星云星团表——北天区100多个朦胧天体的列表，由查尔斯·梅西叶于18世纪编制而成，目的是帮助和他一样的彗星猎手避免将这些天体错认为彗星——覆盖了大部分最亮的星云、星团和星系，但如果你在观测12等的暗天体，你可能会遇到10倍的类似天体。它们当中大部分都有NGC的编号，这意味着它们也都在星云星团新总表中，这个表是1888年约翰·德雷尔根据赫歇尔的数据编写的。将这些天体熟记在心并非难事——你只需了解它们的模样，就是说不需要知道它们的名字——这本身就是一桩乐事，就像在伦敦的街道上慢慢摸索一样。

发现一颗彗星，平均需要300小时的观测时间，耐心是不可或缺的美德。刘易斯·斯威夫特在1877年到1881年间，平均每年发现一颗彗星。尽管他因髋部断裂而跛得厉害，他还是坚持定期在黎明前起床，用一只购物篮装着他望远镜的光学零件，到位于纽约市罗切斯特的达菲苹果酒作坊去。到那里，他爬上三级台阶，爬到屋顶，在正式工作前会先巡视全天。“躺在床上是找不到彗星的。”他说。[150]乔治·E.D.阿尔科克是一名退休的英文教师，常年为病躯拖累，却透过他自己卧室那紧闭着的双层玻璃窗观测，并发现了IRAS—荒木—阿尔科克彗星。[151]这是老阿尔科克第五次发现彗星，而他在发现他的第一颗彗星之前，已经连续搜寻了近18年。

1988年3月19日黎明，戴维·列维在巡天的时候，看见“一个像是侧面朝向我们的旋涡星系……拉得有点长，但比我印象中的旋涡星系更弥散”。

第二晚他又看向那个斑点。“那个星系不见了！但稍微偏北的地方另有一个旋涡星系，这个星系又有非常清晰的中央内核。因为它看起来不像先前的那个天体，所以我绘出了它的位置，怀疑自己是不是错认了另一个星系，然后又去睡觉了。”第三天晚上，列维又检查了一次。他没在第一个位置发现任何星云的迹象，而第二个位置上，先前那个“星系的中央内核”变成了一颗清晰的恒星，周边围绕着的星云状物质没有了。“‘应该是一颗彗星叠在一颗恒星上了。’我想。我握着望远镜，意识到这可能是一个特殊的时刻。如果我猜得没错，只需要把望远镜稍向北移动不到1度的距离，就能看到一颗彗星。我屏住呼吸，尽力不颤抖，把我的16英寸反射镜往北推了点。就在那里了，这颗调皮的彗星在这场猫捉老鼠的游戏中输了。我及时上报，这颗彗星被命名为列维1988c。”[152]

有时，一些彗星是在观测者看别的已知彗星的时候被发现的。百武裕司是一个非常有风度的前报社照相制版师，他的气度很符合他的姓氏——他的姓是“一百个武士”的意思——他开开心心地观测着C/1995 Y1彗星，那是他5周前新发现的彗星，结果他在附近一个云洞中间又看到一颗新彗星。“我对自己说，‘我一定是在做梦’，”他回忆道，“我放下我的双筒”——他当时在用一副非常大的、装在支架上的25×150双筒望远镜——“我冷静了一会儿，然后开始描绘这个在背景中显现的彗星状天体。”百武2号彗星，这颗裸眼可见的壮观大彗星，最终成为全世界的科学研究对象和蒙昧者的崇拜对象，也改变了这颗彗星的发现者的生活。

“我自问为何我会发现这颗彗星，因为我并不是全身心投入一项爱好的人，”百武说，他遵从家人意愿，一周仅观测数小时，“电话响个不停，我太太都没法打电话。突然万众瞩目，我有点不知所措，受瞩目的应该是那颗彗星才对。”[153]

艾伦·海尔是一名研究系外行星的专业天文学家，他几乎与汤姆·波普同时发现了海尔—波普彗星，后者在凤凰城建筑材料公司零配件部门供职，是一名业余天文爱好者。他们分别在亚利桑那和新墨西哥观测，相距90英里，两人从未见过面。海尔当时在午夜前观测了一会儿阿雷斯特彗星。在等待第二颗彗星——达雷斯特彗星升起的时候，他回忆道：

我打算看点人马座的深空天体打发时间，我刚把我的（16英

寸）望远镜朝向（球状星团）M70，就注意到了视场内一个毛茸茸的东西，2周前我看M70的时候它还不在那儿。我检查确认了自己在看的确实是M70，而不是这块天区里其他许多球状星团之一。我又检查了不同的深空天体表，然后运行了位于马萨诸塞州剑桥的国际天文学联合会中心局的彗星鉴定程序。同时我又给中心局的布赖恩·马斯登和丹·格林发去邮件，告知他们我可能发现了一颗彗星……我继续跟踪这颗彗星，一共持续了约3小时，直到它沉入西南方向的树丛中，然后我才得以发送一份包括了两个位置的详细报告。[154]

与此同时，波普也在用一架由朋友自制的17.5英寸多布森望远镜观测M70。这架望远镜和大部分多布森望远镜一样，是没有转仪钟装置的。波普查看着这个球状星团的时候，它漂出了视场，彗星漂了进来。

当天文学家预测了一颗“大”彗星——就是裸眼轻易可见——结果它却偃旗息鼓，那么加于彗星发现者头上的声名也就可能变得苦涩。被大肆宣传的科胡特克彗星到头来能量耗尽，最终也没能大放异彩，它的发现者——捷克天文学家卢博斯·科胡特克成了期望越高失望越大的代名词。我敢大胆预言，科胡特克下次回归时会非常壮观——之所以能这么大胆，是因为下次回归要到70年后了。

很多彗星在照片中看起来都很相似，而用望远镜看，每颗彗星都很独特，还可以在数小时内变换模样。你可以用低倍目镜看彗星飘逸的尾巴，也可以用高倍镜研究它恣肆的彗核。1997年4月4日晚上，我在石山看海尔—波普彗星，在高倍镜中，围绕着彗核的尘埃有明显的旋涡图案。（彗核非常大，直径超过40千米，靠近太阳的时候会喷出大量的尘埃云。）我未曾见过这种情况，起先怀疑这个旋涡是某种幻觉——可能是由光学部件的缺陷造成的。但我将望远镜指向邻近的恒星，它运转如常，我换上不同的高倍目镜，彗核里的旋涡依旧在。随后哈勃空间望远镜拍下的照片显示，出现这个旋涡是因为一股强烈的喷流把灰尘从旋转前进的彗核中喷出来，就像水从草坪灌溉器中喷出来一样。

彗星并不会像流星一样划过天空，但相较于背景恒星，它们确实会移动得非常快，要对它们进行长曝光摄影，望远镜就得跟踪它们而不是背景中的恒星，而且越靠近地球，它们自身的运动就变得越明显。IRAS—荒木—阿尔科克彗星在距离地球300万英里的地方擦过，是1770年以来最靠近地球的彗星。在加利福尼亚好莱坞的明亮灯光中，我用便携望远镜观测这颗彗星，能看到它相对背景恒星的运动，在这几分钟内，它简直是滚滚前行啊。

短周期彗星——指那些相对来说轨道比较小，数年或数十年而非数世纪就会回归到太阳身边的彗星——为观测者提供了比较它们每次出现时的外形和表现的机会，有点像只能在同学聚会上遇见的老同学。哈雷彗星是比较典型的短周期彗星。这颗彗星以埃德蒙·哈雷命名，并非因为他是发现者（他并不是），而是因为他计算出了它的轨道，并与历史数据做比较，精准推断出，曾被认为不同的三颗彗星——1531年、1607年和1682年的——其实是同一颗彗星在不同时间的回归。（幸亏世界各地的早期观星者有着良好的记录习惯，关于哈雷彗星的观测记录最早可以追溯到公元前239年。）哈雷彗星的76年公转周期恰在人类寿命可及的范围内，所以生逢其时的话有望看到两次。我的儿子就可以。他生于1986年3月23日，我和他妈妈带着刚出生一周的他到约书亚树国家公园漆黑的沙漠去，把他举得高高的，让他能看见最靠近地球时的哈雷，那时彗星即将离开太阳。（他自己当然不记得了，但我一直在提醒他，这样他有望在76岁时至少记得我们告诉他他看到过哈雷。）马克·吐温出生的时候哈雷用肉眼可见，他预言自己的生命将在1909年哈雷回归的时候终结。“我和哈雷彗星一起在1835年来到这个世界。明年它又要来了，我希望我可以和它一起离开，”他写道，“万能的上帝很可能说过：‘这就是那两个难以解释的怪胎，他们一同进来，也必须一同出去。’”[155]马克·吐温一语成谶。他于1910年4月21日去世，就在哈雷过近日点后的一天。

一直以来，彗星被认为是不祥之兆——从某些方面来说，这个恶名对它而言也并非完全不实，因为几十亿年来，彗星和小行星的撞击确实曾给地球带来许多次灾难，这个我们下一章再说——而陨石素来被敬为天堂使者。在埃及语中，“铁”的本义是“天堂的雷霆”，赫梯人和苏美尔人也将铁称为“天堂之火”，亚述人则称之为“天堂的金属”。在图坦卡蒙法老王墓穴里被发现的一把匕首，很明显以富含铁的陨石锻造；学界一些观点认为，古代金工会受命以陨石为材料制作仪式性的武器，因而想办法让熔炉温度高过铜的熔点，即1980华氏度，一直到铁的熔点，即2795华氏度。“陨石造就了铁器时代的跃进。”天文学家布拉德利·E.谢弗总结道。[156]如果是这样的话，人类文明的基础，有一部分就是建立在这些天外来石之上了。

彗尾：拜访戴维·列维

1991年11月，我第一次去见戴维·列维的时候，他那彗星猎手的名声还只是在天文爱好者圈子里流传，出了这个圈子就没人知道了。3年后，他的名字家喻户晓。这个变化来自他的发现，他与天文学家尤金·舒梅克和卡罗琳·舒梅克夫妇一起发现了舒梅克—列维9号彗星，在一连串撞击中，它盛大的死亡被列维形容为“另一世界前所未有的奇景”。

列维住的小屋在亚利桑那州图森最边远的郊区，非常低调，犹如远日点的一颗彗星一样遥远而不起眼。在它的四周，粗糙的木板遮挡着当地的灯光。屋顶有观测平台，当地的工人建好它的第一个晚上，他就在上面发现了一颗彗星。“我和他说：‘只要找到一颗彗星，这些付出就是值得的。’”列维回忆道，“现在看，确实值得。”

他的望远镜都堆在一个逼仄的小棚屋里，像挤在一起过冬的家畜，看起来一点气势也没有。一架白色反射镜安在列维本来应该用来坐的、价值10美元的长凳上，宛如公园里的一个害羞的求婚者；通过操作一个鱼线轮，他可以控制望远镜的运动。一架16英寸多布森反射望远镜被列维唤作“米兰达”，外面绑附着一个蓝色卡纸筒和一个花3美元买的二手寻星镜。此外还有两台光滑的施密特摄星仪。唯一值钱的是一把精致的电动转椅，它可以让列维坐在椅子上大幅度扫视天区，这是他用一架旧望远镜换来的。列维用这些简陋的设备，到2001年一共发现了21颗彗星，这让他成为史上发现彗星数量排名第三的扫荡者。多布森望远镜镜身上镶着的铜牌证明着主人的发现，上面有“1984t，11月13日”、“1989r，8月25日”，还有“1990c，5月20日”，分别是指记录在册的列维—鲁坚科彗星（1984t）、冈崎—列维—鲁坚科彗星（1989r）和列维彗星（1990c）。

列维生于蒙特利尔，幼年患有严重的哮喘，14岁的时候被送到位于科罗拉多州丹佛的专门收治哮喘儿童的犹太民族之家。他带着他受犹太洗礼时候收到的礼物——一架小望远镜，经常在晚上溜出去用它观测。他夜间的行踪吸引了他医生的注意，医生问他：“你为什么夜里不睡觉？”

“我不是不睡觉，”小列维答道，“而是出去用我的望远镜观测海王星。”这个医生想了想，然后说：“作为医生，我要求你继续观测海王星。别让哮喘挡住你想做的事。”

列维就这样观测着，经过了15年的搜寻，在1984年11月13日，他终于发现了他的第一颗彗星。那一晚他在和他的朋友隆尼·贝克一起吃晚饭。数日的多云之后，天终于放晴，吃饭时他的目光不停地越过她的肩膀朝窗外望，这让她非常不耐烦。列维片刻都不想耽搁了——黄昏和黎明是猎取彗星的最佳时机，这时候最有可能发现之前未被发现的彗星出现在日光中——列维迅速结束了晚上的活动，然后溜之大吉。

“好啊，你敢丢下我，”隆尼在他身后喊道，“你最好给我找到一颗彗星！”

他还真找到了。他只花了1小时7分钟来巡天，就在天鹰座内NGC 6709星团附近的天区发现了一个毛茸茸的斑块。“星团和小绒毛之间的对比那么美，我就知道一定有什么地方不对，这么美的东西，应该在任何天文画册里都出现过，”他回忆道，“不到10分钟我就有了答案，那个毛茸茸的斑块在动！”他向哈佛当局上报了这颗彗星［后来它被命名为列维—鲁坚科彗星（1984t）］，然后给隆尼打电话。“那么你今晚给我找到彗星了吗？”她问。他说“找到了”的时候她笑了起来，列维回忆道：“我告诉她亮度，她又笑了。直到我告诉她位置、方向和移动速度，她才不笑了。‘天哪，你是认真的！’”[157]

我见到列维的时候，他已经发现12颗彗星了，有些是用他的后院望远镜看到的，还有一些——最近发现并加速增加的——是他和舒梅克夫妇一起在帕洛马山用0.46米施密特——卡塞格林望远镜拍摄照片时找到的。这是个被称作“帕洛马小行星和彗星巡天”的项目，一次典型的观测会历时7晚，产出的照片超过300张。列维会卷着铺盖，开一辆破旧的车上帕洛马山，在那里整整工作一周，然后再开车回家。他申请了报销差旅费，不过一分钱也没收到过。

列维没上过天文学的课，也不从事与科学相关的工作，但他对待自己的观测是认真的。“天文对我们业余爱好者来说并非谋生手段，但也绝不仅仅是一个爱好而已，”他告诉记者，“它是我们本能中的一部分……如果你是一个专业天文学家，那么每天做天文工作就是为了挣钱。这本无错，也并不意味着你不可以同时也是个爱好者。”[158]

《星光之夜：观星者历险记》是列维的圣经，这是一部狂热的回忆录，作者是已故的莱斯利·佩尔蒂埃，哈佛大学天文台的哈洛·沙普利称他是“世界上最伟大的非专业天文学家”。佩尔蒂埃的天文爱好者生涯始于童年，他在一生中发现了12颗彗星、6颗新星，还记录了132000次变星观测。列维多年来都随身带着这本书，并且重新装订了它，覆以好看的黛蓝色皮面，同时添加了一些空白页，记录下他引用过这本书的所有演讲。[159]这本书后来几乎成了他演讲的所有内容来源。我在图森和列维一起参加了一场业余爱好者的见面会，原定的讲话人却缺席了。列维遂做了个即兴演讲，他掏出自己随身携带的《星光之夜》，朗读了一段文字，佩尔蒂埃在其中描述了1925年11月13日周五，他用6英寸望远镜发现一颗彗星的经历。那时候佩尔蒂埃20多岁，还住在俄亥俄州他父母的农场上，他骑着旧车穿过黑夜，前往城里的铁路信号塔，给哈佛发电报汇报了这颗彗星。回家路上佩尔蒂埃想着：“这封电报发出去后会怎样？今晚哈佛的人会不会根据它，用加利福尼亚的大望远镜找到那颗彗星？也有可能它到了剑桥，只换来一句不失礼貌的话：‘哎呀，这可真好，俄亥俄州的一个小伙子发现了一颗彗星，不过这颗彗星6周前就已经被发现了！’”[160]

他的发现是真的——佩尔蒂埃的第一个发现——他将这颗彗星的名字“佩尔蒂埃”镌刻在他望远镜的木柱上，后面是代表年份的“1925”。列维用狂热的语调读着这一段，当报告结束时，他按惯例在护身符版的《星光之夜》上用蓝色钢笔记录下时间和地点。

“彗星猎手就像巡夜人，”列维一边和我一起打开他的天文台，一边和我说，“你几乎每晚都得在外面。要看彗星随时都可以看，但如果想找到新彗星，就得一直盯着。实际上我每次都要花1个小时，每一点视场都要检查一两秒钟。我最高纪录是持续观测了9小时40分钟。”

他打开一个老旧的短波收音机，那是他爷爷给他的礼物。机身散发着琥珀色的光泽，预热几分钟后，里面哼唱起经典的摇滚。天色渐暗，我们把巨大的蓝色多布森望远镜对准仙女星系、蟹状星云，还有斯蒂芬五重星系。两颗流星划过天空，那是金牛流星雨的尾音，稀薄却固执。沙漠的夜空黑得像炭一样，我们可以清晰地看见苍白的黄道光。我的思绪飘得很远，飘向围绕着太阳转动的一切——小行星、彗星、尘埃颗粒、数不清的石块和雪球……

“亲眼看到这些东西会有非常美妙的感觉——宛如魔法一般，”列维若有所思地说，“天文爱好者做这些是发自内心——我们情不自禁。我们的心与灵魂，都连接着天空。”

我们最后观测的天体是木星——这也是戴维·列维在12岁的时候用望远镜看到的第一个天体。其实当晚有个彗星正在木星周围运行，只是没人知道，它太暗弱，我们看不见，但它注定会受到瞩目。6个月之后列维和舒梅克夫妇发现了它，整个世界的目光都投向木星，我们关于自身在宇宙中很安全的概念——我们假设远方的天体都会保持老样子——被永远地粉碎了。

第十二章
天上的害虫

你完全呈现出来，沉默，凝神，思索着你最爱的主题，黑夜、睡眠、死亡和星辰。

——沃尔特·惠特曼

天空中的彗星就像大海中的鱼一样多。

——约翰内斯·开普勒

千禧年年尾的一个傍晚，在位于华盛顿的NASA总部，我们八个人在一个拥有落地窗的会议室里围桌而坐，窗外是晚高峰时期的高架公路，被堵得水泄不通。这是NASA指导委员会的年度会议，主题是“近地天体”，即小行星和彗星这种可能会撞击到我们地球的、体积大到会带来实质性灾难的天体。（我们要指导的当然不是彗星和小行星——目前还没人尝试过——而是别的相关委员会。）我们的会开了8个小时，咖啡壶里的咖啡沸了一遍又一遍，已经没人去喝，只有一个瑞典的天体物理学家热了一只早就冷掉的早餐卷，正犹疑地啃着。这一天即将结束，现在的发言者正在讨论小行星1998 OX4——一个“短弧”小行星，就是说它在天空中的位置只被记录过几次，然后它就消失了。短弧小行星一旦消失了——可能是因为天气不好、满月、在天空中离太阳太近，或是别的什么原因——就很难再被追踪到，因为刚发现它们时获得的有限的轨道信息不足以计算出它们的去向。

获取小行星1998 OX4的图像只用了9天时间，我们唯一掌握的信息就是它的运行轨迹有点乱。“撞上地球不是不可能。”发言者提醒我们，现在要排除它撞上地球的可能性还为时尚早。这里也没人知道从哪里找起：如今距离它失踪已有2年，它现在可能在将近半个天区中的任何一个地方。发言者提到，也许我们可以先计算一下，如果小行星要撞向地球，轨道应该是什么样的，然后推算到它还没撞上但已经亮到肉眼可见的时间，看它那时候在什么位置，假如那里什么都没有，我们就可以松一口气。但目前还没有类似的项目在进行。我们讨论了一下天文爱好者在搜寻这样的失踪小行星方面的价值，指出如果越来越多爱好者能够拥有“米级”望远镜——就是孔径大约在40英寸的望远镜——会比较有帮助。但拥有精良的大型设备，能够在某块天区

进行可靠的小行星搜索的爱好者并不多。所以这个议题只能日后再说了。

小行星和类似的彗星一度被一些天文学家冠以“天上的害虫”之名，他们视其为不受欢迎的干扰，像闯进温网赛场的裸奔者。小行星常在长曝光的深空图片上留下难看的痕迹。彗星尚可观，但也很难引起人们的兴趣，像一个上镜却不善于表演的电影明星。公众对小行星没什么评价，因为小行星一般很难看到，但舆论将彗星视为凶兆——“人或兽的常见死亡原因”，16世纪英国数学家伦纳德·迪格斯这么形容它。[161]之所以产生这种说法，无非是因为彗星尾巴的外形像一把可怕的剑，而科学家则不以为然地斥之为迷信。但这算是历史上具有讽刺意味的事之一，最近的科学研究表明，从某方面说，彗星和小行星也确曾证实或洗刷过它们的名声：它们可能确实会带来死亡。

地球没有保护罩。自古以来我们的地球家园遭受过大量的小行星和彗星的撞击，它们都大得足以导致严重的灾难，现在地球上仍有许许多多的大石块。一颗直径100米的小行星可以夷平一座城，一颗千米级的小行星可以让人类文明倒回到弗拉德三世[162]时代，直径10千米的彗星则可以消灭地球上的大部分生命。所幸大型撞击要比小型的罕见得多：像灭绝了恐龙的那次10千米级的撞击，1亿年来只发生过一次。这种撞击可能性虽小，然而还是有的。体积有如超大型油轮的大块彗星或是小行星，破坏力堪比战略核弹头，每个世纪都会有一两次撞击。1908年有一颗小行星在西伯利亚森林爆炸，摧毁了2000平方千米的树木；它如果再晚4小时抵达，就能摧毁圣彼得堡。每天都有十几颗小房子那么大的石头和我们擦肩而过，距离比月球还近，每年都会有几颗撞向我们，通常都冲入大海，或是在海洋上空爆炸。1994年，太平洋上空发生过一次爆炸，没人看见，但它触发了军方的传感器，引起了多方注意，美国总统和副总统都不得不在凌晨4点爬起来听关于这次爆炸的汇报。1996年11月22日，一颗和前面那颗差不多大的天体撞击了洪都拉斯西部，撞出一个165英尺宽的大坑，在咖啡园中燃起大火。如果差10小时，它就会撞向曼谷和马尼拉的市中心。

10千米级别的天体撞击是很可怕的，可以对地球上的生物演化进程造成实质性改变——很明显这在以前就发生过。很多破坏都是连锁反应：撞击物撞击时气化，并累及撞击区域内的旱地或海床，熔化的巨石被炸得到处都是——当中有些在亚轨道划出弧线，像洲际导弹一样，飞到地球另一边去了。这些火种让全世界到处都在燃烧。大火产生的碳烟和撞击带来的尘埃把大气层裹得暗无天日，长达数月。没有阳光，生态系统崩溃了，陆地上大部分生物和有阳光照耀的浅海地区

的生物都难逃厄运。6500万年前尤卡坦那次撞击结束了恐龙在地球上的统治地位，也灭绝了当时世界上大部分存活着的物种。2.5亿年前的二叠纪—三叠纪灭绝事件也可能是撞击导致，有85%的海洋生物灭绝，陆地上的死亡率更高。

20世纪末，科学研究将撞击的黑暗事实大白于天下，研究小行星和彗星的天文学家及业余爱好者都开始变身了，他们像在电话亭里换上披风的超人一样，从搜寻天体害虫的凡人变成了英雄，可能有一天会拯救世界于水火。这故事的来龙去脉有助于我们理解业余科学、专业科学和迷信之间的互动。

在许多个世纪里，有学问的天文学家不相信石头会从天外来，关于陨石坠落的报告一直不被重视。1790年7月24日，法国巴博唐的居民报告了一起流星雨击中他们农田的事件，结果被《实用科学期刊》给嘲笑了一番。1807年12月14日，有人在康涅狄格州韦斯顿目击到了一个非常大的流星体，尽管有两个耶鲁的教授调查做证，但这个记录依旧不被采信，至今主流书刊仍旧重复着托马斯·杰斐逊对于这个“假新闻”的高尚态度：“我宁愿相信两个教授撒谎，也不信石头会从天上掉下来。”[163]淳朴农民用结满老茧的双手捧着陨石，这样的故事受到了当局的蔑视；那些仅把科学当成一种宗教的人添油加醋，为首的神职人员对直接动摇神学教义的证据充满敌意。但事实往往更加微妙。

18世纪的科学家确实会忽略陨石坠落的报告，但他们的问题并不在于狭隘的教条主义。他们另有一套理论——这些被村民带来的烧焦的石头是被闪电击中过——这在以1752年本·富兰克林著名的风筝钥匙实验为标志的时代，可以完美地回答那些投入的研究者。对于人们所见到的划过夜空的流星，学院派教授们则倾向于依赖亚里士多德的权威，他的《天象论》将其解释为大气层中的火焰喷流。[164]18世纪晚期到19世纪，科学家开始怀疑这些理论，因为更多的报告将夜空中的流星闪光与早晨地面发现的石头联系起来。歌德写过的科学研究著作比他写的诗和剧作都要多，他检验了这些证据，到1801年开始相信，陨石来自大气层之外很远的地方。同样改变了看法的，还有当时非常有影响力的法国科学家让—巴蒂斯特·毕奥、皮埃尔—西蒙·德·拉普拉斯和西莫恩·德尼—泊松。泊松代表的是法国科学院，他研究了有关1803年4月23日在诺曼底莱格勒坠落的数百颗陨石的报告，并表示这是可信的。

当然，科学家也得让自己保留一种必要且专业的怀疑，正是这种怀疑态度而非那种依附于教条的成见，使得许多人对于陨石抱着保留态度。托马斯·杰斐逊对陨石的观点就有点被扭曲了。关于康涅狄格州

韦斯顿的陨石，两个耶鲁的教授认为是来自天外，我们以为杰斐逊会指责他们说谎，然而他写信给收藏了一块韦斯顿陨石碎片的丹尼尔·萨蒙：“对于不能解释的东西，我们当然不能否认它们的存在。每天都有千万种我们无法解释的现象在发生，无法与我们已知的任何自然定律相谐，但事实表明，它们的真实性需要得到与其难解程度相称的证明。”[165]受到1799年11月12日夜晚坠落在英国和法国的流星的触动，杰斐逊写信给检验员兼天文爱好者安德鲁·埃利克特：

> 我并不知道这是否违背自然定律，因此我也并不能说这不可能，只是它不符合我们见到过的任何自然现象，所以尤其需要强有力的证据……我的一个睿智直言的诤友曾给我详细地描述过他亲眼看到的一次鱼雨。我知道他不会说谎。他这样的人为何会被这种事实欺骗，对我来说也是很难解释的，就像很难解释这样的事实怎么会发生一样。因此我说服自己的理性保留这个问题的答案，直到又有鱼雨落下，确认它的存在。[166]

石头——还有鱼，当然是在被水龙卷裹挟的时候——是会从天而降的，最终陨石来自天外这个事实为科学家所接受。但还是有很多人不相信一块大石头撞击过地球，并且因此改变了地质记录，导致了大量物种灭绝。对这种观点的保留态度，背后隐藏的其实是对灾变论的一种专业的排斥——灾变论来自与达尔文相反的宗教观念，它认为地球只有几千年历史，地质编录中关于大灾变的证据，被视作地球短暂历史中几次灾难的产物，比如诺亚及其动物方舟从中幸存下来的那场大洪水。有关从天而降的灾祸的讨论，对于科学渐进主义者来说是不利的，后者将其与无知的反达尔文主义联系了起来。

彗星尤其让科学家厌恶，它像马利的鬼魂[167]一样闯入天文界，拖曳着一环环的迷信传说。彗星一直被广泛认为是不祥之兆，预示着可怕的事情，比如1665年伦敦的瘟疫，还有一些名人的逝去——从公元前44年的尤利乌斯·恺撒到公元877年的秃头查理。“彗孛……皆逆乱凶，”7世纪的李淳风[168]写道，“除旧布新之象。”还有一首在德国妇孺皆知的诗歌：

当彗星高高在上，出离愤怒，

它带来八样物事：

风、饥荒、疫病，还有死神，

战争、地震、洪水，还有异变。[169]

虔诚的教徒被告知，这些都是惩罚他们的罪恶的天谴。路德会的主教安德烈亚斯·塞利休斯于1578年根据这种说法炮制出一种道德天体物理学，宣称彗星是“厚厚的人类罪恶凝聚的灰烟，每日、每时、每刻都在增长，愈发恶臭骇人，在面对上帝之前，愈积愈厚，最后变成了彗星”。[170]1680年的大彗星像一艘幽灵船似的航行在夜空之中，克里斯托弗·尼斯警告说它是“上天传达的讯号，预示着干旱和战争”。[171]相信他的人数量众多，哲学家皮埃尔·贝尔抱怨说，那些吓坏了的有罪的人焦虑不安地前来咨询，把他工作都打乱了。

同时，天文爱好者埃德蒙·哈雷在英吉利海峡的一艘船上也看见了这颗大彗星。到法国以后，他与天文学家让—多米尼克·卡西尼见了面，两人讨论了关于彗星的理论，认为彗星并非是上帝投下的导弹，而是太阳系内的一种天体，其运行轨道是可以预测的；还有些历史记录中的彗星，可能是同一颗彗星在不同时候的回归。回到英国后，哈雷想办法见到了出了名地难以约见的艾萨克·牛顿。哈雷问他关于彗星轨道的问题，牛顿说他老早就解决了这个问题。哈雷促请牛顿写下他的发现，然后安排发表了成果——《自然哲学的数学原理》，这本书震惊了学界，也诱发了启蒙运动。在这本书中，牛顿证明了彗星确实是太阳系的旅行者，在既定的轨道上前行。哈雷随后计算了那颗后来以他的名字命名的彗星轨道，预言其将于1758年回归，以这种宏大的方式证明了牛顿的观点——哈雷去世的16年后，它如约回来了。[172]

多亏了牛顿和哈雷的努力，彗星成了科学与迷信争论的焦点——这确实至关重要，在当时只有少数群体才投身于科学研究，以至于伦敦皇家学会成员自认为有责任告诉民众，说彗星是凶兆毫无根据。和今天人们对于占星学的看法一样，在18世纪，你对彗星的看法就是你是否具备认真的思考能力的量尺。你如果无知且迷信，就视彗星为危险的凶兆；你如果受过科学教育，就能理解它们是有规律可循的宇宙中可以预测的部分，没什么好害怕的。每次哈雷回归，文化上的拉锯战就又会沸反盈天，就像斯科普斯审判案[173]每隔76年就重新来一次，而科学最终占了上风。哈雷彗星于1910年回归，尽管俄克拉何马的一个治安官不得不阻止一伙狂徒献祭一个童子的企图，但这次回归毕竟还是促进了科学而非愚昧的发展。到了1982年哈雷彗星再次回归时，就不再有童子受连累，由6个太空探测器组成的小舰队对彗星进行了详细的勘查，其中一个探测器是由欧洲太空总署和NASA联合发射的“乔托号”，它拍下了哈雷那千疮百孔的彗核，精确地测量了它的大小——约16千米长，8千米宽。

18世纪天文学家绘制彗星的轨道，就是为了找到更多周期性的同类，他们发现，确实有些彗星离地球近得让人担心。1702年到1797

年间，人们观测到的在距离地球2000万英里内掠过的彗星有8颗，当中有一颗1770 I莱克塞尔彗星在距离地球1300万英里的地方擦过，彗发在天空中是满月的5倍大。显然，用哈雷自己的话说，直接相撞“不是完全不可能的”。[174]伏尔泰在他的名作《牛顿哲学原理》中援引了这个观点，并提出问题：“如果地球发现自己（和彗星）在同一个点上，对地球来说这是怎样的惨剧啊？两枚炸弹在空中碰撞爆炸，也不会有地球和彗星碰撞这么惨烈。”[175]数学家皮埃尔—西蒙·德·拉普拉斯提出，彗星碰撞可能意味着“全部物种灭绝，人类的工业化成果全部倾覆”。[176]1857年的一则法国漫画展示了一颗凶神恶煞的彗星将地球撕裂，月球像撞车大赛上的观众一样在旁边笑着欣赏。

但天文学家也在逐渐打消彗星撞地球的疑虑。书本上一直在强调历史上任何时候撞击的概率都很低，并且——错误地——补充道，因为彗星含冰，所以被彗星撞到就像被一颗雪球砸中。（彗星更像是一颗混杂着石块的冻雪球，被像哈雷这样块头的彗星砸一下，可是够受的。）根据1770 I莱克塞尔这样擦肩而过的彗星，科学家计算出，大彗星撞击地球的概率大约是1000万年一次。但是那时候的人大概很少意识到地球已经存在了那么久。

到了20世纪就不太一样了，天文学和地质学的计时技术不断进步，人们愈发清楚，地球已存在几十亿年之久：这个时间尺度下，那惊天动地的、几亿年才有那么一次的撞击，比如尤卡坦恐龙灭绝事件，可能已经发生过好几次了。科学家们研究航拍和太空中拍摄的地球照片，发现地球上布满了撞击坑的痕迹，多数已经被严重侵蚀，之前都被忽略了。最终确定的地面撞击坑不少于150个。在魁北克的马尼夸根，一个100千米的圆环内有两个因造水电站而回流的湖泊，它其实是一个2.12亿年的撞击坑，在地面上从来没被看出来，直到人们从太空中看，它才显出一个撞击坑的形状。在法国中部的维埃纳谷地，罗什舒阿尔和另外两座毗邻的城市被发现是躺在一个直径23千米的大陨击坑里，罗什舒阿克的一座典雅的庄园宅邸所用的石块，正是1.86亿年前在撞击产生的火球中熔融而成的。这世界看起来没那么安全了，彗星和小行星也不再亲善。

1993年3月23日晚，天文学家尤金·舒梅克和卡罗琳·舒梅克夫妇与天文爱好者戴维·列维在帕洛马观测的时候，彗星导致灾难的可能性被盖棺论定。三人做巡天工作已逾10年，主要关注彗星和小行星，然而当夜阴云密布，并不值得浪费胶卷。“每放一次胶卷到望远镜中，就要花费将近4美元，”尤金提醒卡罗琳和戴维，“天气这么坏，我们浪费不起胶卷。”但在列维的怂恿下，他们还是曝光了几张照片，用的是从箱底取出来的有点起雾的底片，这只箱子之前不小心在太阳光下

打开过。

卡罗琳·舒梅克两天后检查了这些底片，看到木星上有个奇怪的斑迹。“我不知道那是什么，”她说，“但看起来有点像一颗压扁的彗星。”[177]出乎意料的是，这还真的是一颗彗星——这颗彗星于1929年被木星捕捉到，后来一直绕着木星转，没被发现。现在这颗巨大行星的潮汐力正把这颗彗星撕碎，让它看起来像一串珍珠。珍珠化作袖珍彗星——当然不是所有的都很袖珍，其中最大的一颗直径超过了5千米——它们排成一条线，每个都有自己发光的尾巴，在观测历史上是独特的景象。[178]

日本天文爱好者中野修一计算出舒梅克—列维彗星最终将撞向木星，NASA喷气推进实验室的保罗·乔达斯对彗星碎片进行了撞击预测，电脑程序运行的结果令他大吃一惊。“我已经习惯了看到零，”他回忆道，“突然一个50%的数字出现了。”[179]乔达斯在晚饭时间回到家，帮助太太照看他们4个月大的小孩，他的同事唐纳德·约曼斯继续值守，处理着数据。约曼斯确认了舒梅克——列维的珍珠串最终将撞向木星，而且很快就会撞上去。

16个月之后，一切都如预测的那样发生了。撞击始于1994年7月16日夜，彗星碎片一头栽进木星，前赴后继，像结冰的高速公路上卡车连环相撞一样。它们在木星的高空大气爆炸，升起华丽的火球，在大行星那橘色和沙色的云带上留下一串可怕的黑色污点，持续数周之久。少数目睹了这空前景象的人对这颗可能威胁到地球安全的彗星也并不以为意。就在这次宏大的彗木相撞之前，加利福尼亚州芒廷维尤NASA埃姆斯研究中心的天文学家凯文·扎恩勒大胆地说，“这颗彗星的逝去让太阳系对我们来说稍微安全了那么一点点”。

“但感觉上并不是这样，对不对？”扎恩勒在撞击后反省说，“太阳系看起来不再像之前那么遥远。我们就在这里，靠近边缘，一条薄薄的蓝线保护着我们远离宇宙的凶恶。总有一天我们的天空屏障会被一种穷极想象的蛮力撕裂。这之前就发生过。你可以随便问哪一只恐龙，只要你能找到。这是个危险的地方。”[180]

在舒梅克—列维9号彗星撞击木星之前，专注于巡天搜寻彗星和小行星的专业天文学家“比一家麦当劳店铺里的员工还少”，NASA行星科学家戴维·莫里森回忆道。[181]此后，大量的人才因个人兴趣加入其中。他们的大部分研究集中于小行星，因为还有现有望远镜可观测到的数量庞大的小行星未被编目。美国空军一直以来被寄予保护地球的厚望，他们为位于白沙导弹靶场的地基光电深空监测天文台中的原属于顶级机密的望远镜部署了观测时间，用于搜寻小行星。天文台本

来是用于跟踪数万颗绕地人造卫星的——从间谍卫星到被太空漫步的宇航员不小心弄丢的相机和其他工具。在为期10个月的观测中，天文学家用这个设备发现了1.9万颗小行星，其中有26颗的直径达到了1千米，也就是足以摧毁一个国家的级别。

到千禧年末尾，天文学家大约识别出了直径大于1千米的近地天体（NEOs）中的一半（近地天体是指轨道距离地球不超过2800万英里的小行星和彗星），剩下一半是不太容易看到的，搜寻起来比较困难。寻找小行星就像在寻找复活节蛋：最大最亮的总是先被找到。剩下的小行星中多半是不容易看到的，要么是因为它们的表面更暗，要么是因为轨道偏心率高，小行星运行到靠近远日点的地方。在NASA的近地天体指导委员会的年会上，我们讨论了大型望远镜在这件事上的作用，但考虑到建造大型望远镜的时间成本，比较可行的办法是用现有可用的望远镜进行更长时间的曝光。

这就意味着，天文爱好者如果想要贡献自己的力量，就得拥有更大的望远镜，或是持久的恒心，要么就得有格外的运气。要说拥有持久的恒心，莱恩·安博吉就是其中之一，他是马萨诸塞州菲齐堡莱明斯特高级中学的一名天文和环境科学教师。安博吉平常就用他的望远镜跟踪最近发现的一些小行星，获得一些额外的图像，以使它们的轨道数据更加精确，这项工作虽然乏味却必要。有一天晚上，两个前来拜访的业余爱好者和他交谈，使他分了心，又加上疲惫——他有一对4岁的双胞胎，他们每天早晨6点30分把他吵醒，而他观测完之后往往只有一两个小时可睡——安博吉在跟踪一颗小行星时，输错了坐标。结果就是CCD图像上出现了一条细纹，起先他将其归为宇宙射线，但他又一次拍摄了那个天区的图像，细纹又出现了，这一次几乎是在视场的边缘。安博吉向剑桥的哈佛—史密森天体物理中心小行星中心的布赖恩·马斯登汇报了这一发现，后者确认了他发现的是一颗近地小行星。安博吉和专业天文学家对这颗新的小行星2000 NM进行了进一步研究，确定它在100万年内对地球都不会有威胁，所以人们可以松一口气了。马斯登认为，专业天文学家之所以漏掉了这颗小行星，是因为它当时在冲日的位置——小行星在天空中和太阳呈180度角的时候最亮——那时是7月和8月，在专业望远镜最多的亚利桑那和新墨西哥，这正是雨量最丰沛的时候，当地人称之为“季风季节”。

安博吉的发现被公布，更有了动画和轨道图。“真是差一点点就错过了。”之后他感慨道，“看来，最重要的是要有耐心和恒心。如果你致力于天文，就要坚持观测，尽可能多地观测。只要你做得够多，就会有收获。”[182]

另一位天文爱好者罗伊·A.塔克发现了一颗罕见的阿登型小行星

——阿登型小行星大部分时间是在地球轨道内侧的。他是在位于图森的家中用一架14英寸望远镜加上CCD发现的。塔克当时在搜寻黄道带附近20度到40度范围内的天区，目的是回避“常见主带小行星聚集区域”。当他第一次注意到CCD图像上阿登型小行星的条纹，他就从它的长度上推断出它运行非常快，这就意味着它距离地球很近。他吓了一跳，只得对自己发号施令。“好，现在我该做什么？”他想，“先停下来。放松，深呼吸，不要激动。你还有工作要做。还有一个半小时天就要亮了，还要做一些额外的观测，再晚这东西就要跑了。”他设法追踪这颗小行星，数夜之内，日本、澳大利亚、捷克和意大利的观测者都锁定了它。接下来的这一年里，塔克又发现了两颗拥有越地轨道的小行星。“大型的专业小行星搜寻项目极具竞争力，”塔克说，但是他又补充，“业余爱好者在天文发现上拥有更久远的传统，我可不要向专业圈投降。”[183]

南澳大利亚州伍默拉的弗兰克·茹乌托夫斯基在他家前院用一架12英寸望远镜发现了一颗具有潜在危险的小行星，它被命名为1999 AN10。“这是目前为止发现的第一颗可能冲撞地球并且体型大到足以造成全球性灾难的天体，”他对《悉尼先驱晨报》的记者说，“如果AN10真的撞上地球，飘散到大气中的尘土足以酿成撞击冬季。”[184]幸运的是，后续的观测显示它的轨道与地球刚好擦过。

彗星或小行星造成的威胁，是三个因素作用的结果，这三个因素是它的轨道、它的撞击速度和它的质量。首先它的轨道决定它是否会撞上地球。它的撞击速度取决于它的轨迹：彗星或小行星若落入地球轨道，最有可能的就是以相对太阳每秒42千米的速度移动，而地球的公转速度大约是每秒30千米，因此一个近地天体若是迎面撞击地球，速度约为每秒72千米，若是从后面撞上来，相对速度大概是每秒15千米。近地天体的质量决定了在一定的撞击速度下可造成的损害：小行星几乎全部都由石头组成，而彗星还混有冰，密度比石头要低，所以在相同的质量下，彗星的体积是小行星的2倍。此外体积也有关系。一颗直径为100米的近地天体，无论是彗星还是小行星，都足以摧毁一座城市；一颗1千米级别的近地天体，则可以毁灭一个国家；一颗10千米级别的天体，就像撞击了尤卡坦的那颗，基本上就会毁灭世界了，现存所有生命都会被殃及。

为了评估这种风险，科学家将撞击概率和撞击物的质量相乘，得出都灵危险指数。这个指数以其所颁布的地点——一座意大利城市命名，它用简单的数字量化近地天体的危险程度，就像用于地震的里氏震级指数。都灵数值为0的天体，要么就是太小，对地球构不成任何损坏，要么就是它的轨道永远不会靠近地球。（你读着这些文字的时

候，大气层中正有沙粒滋滋作响地燃尽，这些是都灵指数为0级的。大行星天王星也是0级，如果它朝我们这个方向过来那就糟了，当然这不会发生。）都灵指数为1级的天体是“需要密切监视”的。鲜有近地天体属于这一级：短时间内它们不会撞击我们，但我们必须多研究它们的轨道，以防万一，因为它们的体积足够对地球造成损害。都灵指数为2级到4级的天体——“值得担忧的事件”——指的是体积大到至少有1%的可能性造成“区域性的灾难”。都灵指数为5级到7级就是“威胁性事件”，如果有这么一颗天体，人们发现它既有危险的轨道，又大到招致全球性的灾难，那就要祈求老天保佑了。都灵指数的8级到10级包含“确定会造成冲撞”的大质量近地天体。1908年发生在西伯利亚通古斯卡的爆炸，就是一次都灵8级事件（造成“局部损坏”），同样的事件可能还包括1930年在巴西雨林、1947年在堪察加的锡霍特山脉和1972年在西南太平洋发生的爆炸。9级的撞击（“区域性损坏”）在时间尺度上大约1000到10000年发生一次。都灵10级的撞击虽罕见，但一旦发生就是惨剧。恐龙在地球上的统治地位就是终结于一次都灵10级事件。

好在目前还没发现过都灵指数超过1级的彗星或小行星。（小行星1999 AN10被弗兰克·茹乌托夫斯基发现后，被评为都灵1级，经过了更精确的轨道计算，又被降到0级。）但业余爱好者或是职业观测者迟早会发现一颗高都灵指数的小行星或彗星，这只是时间问题——它们够大、够致命，并且几乎一定会撞上我们。那时候我们要怎么办？

首先，是小行星撞击还是彗星撞击，答案是不同的。

小行星有点像你的街坊邻居：你如果看到它路过并朝你挥手，就可以推定它之前也来过，只不过你没看见。一颗可能撞击地球的小行星应该是在之前就多次靠近地球，给了天文学家充分的机会——只要他们知道这颗小行星的存在——去计算它的轨道，认识它的危险，然后发射一枚火箭引擎让其减速，小心地将其移动到一条安全的航线上。（其实这样的行动也是有利可图的：NASA和亚利桑那大学太空工程研究中心的约翰·S.路易斯估算，已知最小的富含金属的小行星——直径约1千米的3554号小行星蒙神星——富含价值3.5万亿美元的钴、镍、铁和铂金。[185]）

然而彗星则像一个经年未见的远房表叔，突然神采卓然地出现在你面前，告诉你遥远世界的故事，却暗藏威胁。一颗长周期彗星第一次从奥尔特云坠落，抑或是消失数千年后回归，绝大部分业余和专业望远镜都是看不到的，直到它抵达木星轨道附近。如果它将要撞上地球，我们可能只有数月时间来部署防御措施。一颗在之前的观察中一

直沿着安全轨道运行的短周期彗星，到了下次回归，因为木星或是别的大行星的引力作用改变轨道，可能突然就变得有危险了。一般来说，木星对我们而言是起到保护作用的，它可以把彗星甩出内太阳系，但有时候它也会把球掷向我们。[186]1770 I莱克塞尔彗星一度距离地球只有130万英里，原本有着安全的轨道，但在1767年后的某刻受木星影响，被送上一条新的、更危险的轨道。后来与木星的又一次相遇再次扰乱了它，让我们转危为安，但我们并不能确定，因为没人知道1770 I莱克塞尔目前在哪里。

牛顿在《自然哲学的数学原理》中阐述太阳系的时钟模型，将行星、小行星和彗星作为具有可预测性的范本来描述。但是随着柯伊伯带的发现、小行星和彗星数据的不断增长和累积，以及轨道演化的计算机模拟再现，人们越来越清楚地认识到，混乱同样是太阳系的组成部分。比如说，柯伊伯带和小行星带内部都有间隙。研究显示，这些间隙正是引力环境不太允许有稳定轨道存在的区域，所以天体如果在这片区域，就会被甩到更高或者更低的范围。海王星看起来一直是在柯伊伯带内侧边缘逡巡，和木星在小行星带外沿徘徊一样。根据电脑模拟，有一种情况是木星家族的彗星本来是柯伊伯带天体，因为柯伊伯带内的不稳定性，它们最终与海王星相遇，并改变了轨道。从中获得的能量可以将它们甩到奥尔特云那里去。但它们的近日点（即轨道上最靠近太阳的点）仍旧非常靠近海王星的轨道，所以它们迟早会再次与海王星相遇，然后它们的轨道就会又一次被刷新。还有一些彗星则被传到天王星，然后被传到土星，最后到木星，木星又把它们甩回奥尔特云，或是把它们安置在内太阳系轨道，使它们成为木星家族的彗星。要打造出一颗短周期彗星的轨道，需要如此多的接力，这就解释了为什么像哈雷这样可预测的短周期彗星这么罕见。

太阳系一片混乱，小行星、彗星甚至大行星都到处乱飞——这些与可预测的规律相悖的情况提醒着我们，支配一切的自然法则看上去都很安全，其实不然。自然也有它独创性的一面，危险又精彩——多亏了这一点，将望远镜拖到院子里的观测者永远不知道，一颗先前未被发现的彗星会不会在当晚游荡到他的视野，或者它的尾巴怎样在天空中招摇。

相机的眼睛：拜访唐纳德·帕克

20世纪上半叶，行星摄影一直由专业天文学家主宰，他们专业且有经验，又有使用定制相机和照相乳剂的途径，这让他们比别人更容易获得清晰的、高分辨率的火星、木星、土星之类的图像。接着业余爱好者迎头赶上了。爱好者把剩余作战物资中的相机装在自制的望远镜上，配上新式的、更快的胶片，拍出了质量非常好的照片。还有人实验了摄像技术，把军用的夜视镜改装成增光装置。CCD则让革新变得更彻底。CCD芯片非常敏感，视宁度足够好的时候可以在短时间曝光中捕获转瞬即逝的景象，拍摄出明亮的行星图像。擅长绘图的观测者以前得完全依赖视宁度好的时刻，他们不得不花费数小时守候在望远镜前，一丝一缕地补充细节，完成画作。有了CCD，你可能只能从十几张图片中挑出一张比较清晰的图像，但只要有一张，通常就能看到行星完整圆面的清晰细节。业余爱好者把光学设备、观测条件和CCD技术整合在一起，得到的结果将完胜行星科学领域的专业人士，这是迟早的事。

即便如此，但当天文爱好者唐纳德·帕克开始拍摄出大量行星照片，其质量媲美甚至超越大型天文台设备拍摄的照片的时候，所有人还是吃了一惊。哈勃空间望远镜和一些顶尖的山顶望远镜可以做到更好，但它们能分配到这些拍摄上面的时间很少，只能偶尔拍几张，而帕克则一晚接一晚地拍摄行星。我第一次见到唐纳德是在1992年的一次星空聚会上，他是个高大硬朗的男人，笑声如雷，喜爱自嘲，让我印象深刻。（他是迈阿密慈善医院的一名麻醉师，他开玩笑说："为什么我要选择一个我连名称都拼不对的职业？"）但这雷厉风行的性格背后其实藏着敏锐的头脑和精益求精的完美主义风格。

我很好奇他是怎么拍出那些独特的照片的，8年后我去了唐纳德家拜访他，他家在海边山墙，那是位于南迈阿密的一个水边社区。他的两层大房子前面车道蜿蜒，挤满了小轿车和运动型多用途车，还有一艘29英尺的赛用单桅帆船在后面的码头上轻轻晃荡。

唐纳德拄着手杖，步履蹒跚地出来迎接我，他的膝盖饱受关节炎的折磨，这是在芝加哥洛约拉学院玩橄榄球留下的最严重的

创伤。（他曾拿到圣母大学和空军学院的橄榄球奖学金，但他的家庭医生说服他，一个有抱负的医生应该坚持进行更安全的娱乐活动。）我们走进屋，唐纳德告诉我，这50年来他都为天文所吸引，阅读畅销书，看科幻电影。他年轻时用最简单的“烟囱望远镜”进行的行星观测，屡屡被医学院、住院实习、结婚和海军服役打断，但当他终于在南佛罗里达安定下来，可以终年享受潜水和航海时，他又重新捡起自己的旧望远镜，瞄准火星，并被自己见到的景象深深震撼。“我不敢相信，”他说，“美丽壮观的画面！我以为这里天空很糟糕，大气太过潮湿，因为所有人都这么跟我说。但我们这里拥有顶级的视宁。人们常说：‘哎呀，多云了。’但他们没意识到云隙中间的天空多么清澈。我们这里有着良好的层流、平稳的空气，而这些都是最重要的——好的层流和光学设备。”

我们上到二楼，穿过主卧室，来到唐纳德的天文台——一个用柜子改装成的控制室，打开后是一个狭窄的平台，那里就是放望远镜的地方。我知道这个专业的观测者不怎么用很炫目的新设备，也没指望看到什么，但所见的景象依旧令我吃惊。望远镜黑色的镜身像旧船斑驳的船体，镶嵌着各种奇怪的东西：一套临时装配的螺丝扣，用来将CCD相机固定在与聚焦器垂直的位置；一个手制木架，用以放冷却扇；还有一个步进电机，唐纳德说它是“从一个古老的美国东方航空飞行模拟器上的模拟计算机里取下来的1:1000的齿轮减速器”。望远镜的装置是一捆钢轴加上生铁铸的重锤，看起来像从海底打捞上来的。电脑则是一台486的台式机，里面运行着DOS程序，像是来自硅谷博物馆，图像显示器看起来则像20世纪50年代汽车旅馆里的那种黑白电视机。我全神贯注地研究着这些装备，犹如音乐学院学生邂逅马友友的1712年制的斯特拉迪瓦里·大卫杜夫大提琴。

“望远镜是工具而非目标，”唐纳德欢快地说，“这是一台16英寸的牛反，焦比是6，还有个很小的2英寸的副镜。这里还有些目镜，可以追溯到1956年。”

房子把整个北边天区都遮住了，但黄道带一览无余，能看到土星、木星和火星在暮光中浮现。西边低矮处，一弯新月横卧着，像一个叫作“懒月亮”的牧场标识，水星闪烁着出现在它的北方。唐纳德在放满了目镜的抽屉里摸索了半天，摸出其中一个，胜利般地宣布：“找到一个干净的了！”我们把望远镜瞄准遥远的火星——1.94亿英里之外——它在仍旧温暖的西边天区蒸腾。细节显示得不多。“但我还是经常看，”唐纳德说，“我从1954年起

就开始看火星。这就像喝苏格兰威士忌——要喝到想要的味道，就得不断练习。在火星初现的时候，我几乎很难看到行星表面的任何东西，要过三到四晚才能看清。”

唐纳德把望远镜移向木星，目镜视野如此清晰，我几乎从梯子上掉下来。“我们再试试更高的倍率——反正也没啥损失，”他说，“我最高试过1600倍的。人家说：‘别这么做。’好啊，那你叫警察去好了。这次我并没有留意放大倍数，但最后还是用光了所有的目镜。”

下一个是土星。“对土星我总是看不厌，”唐纳德一边说一边凑到目镜前，“我想你会喜欢这个的。”我看到一个橘色的水果冰淇淋球，外面裹了一层苍白的云带、一个锐利精致的环，还有一群小卫星。“这，”我说，“真是一台好望远镜。”

我央求唐纳德展示一下他的CCD摄影技术，他答应了，摸索着线束，旋紧螺丝扣，将相机和他自制的滤镜轮对齐。“我把一切都设置成活动的，这样东西掉了也可以修好，”他说，“这样对天文爱好者是很有好处的！”他把一根废旧的橡皮筋套到他手动的电动对焦镜上，为了平衡相机和顶上滤镜轮的重量，又在靠近望远镜底部的地方用尼龙搭扣贴了一块骨科病人用来复健的亮绿色矫正带。“只要能用得上，”他说，“我觉得能多简单就多简单。我对医学也一样。当你听到蹄声时，首先要想到马，而不是斑马。”

目镜座装上CCD相机后，唐纳德用老旧的DOS程序查找木星的位置，然后一边调试着装置上的两个铅灰色老式刻度盘，一边推动望远镜。（“我自己做的，在车库里做的！”）他自言自语地嘟囔着（“加油啊，帕克！”），然后蹒跚着回到控制室，斜盯着旅馆电视机，将木星置于相机视场中央。他告诉我，这台CCD相机是最早生产的那一批。它的芯片只有十分之一平方英寸。“用来拍行星足够了。好，我们到哪了？找到你了，你这个坏蛋！我们看看，给木星来点什么呢——就来个3秒钟的曝光吧。”

唐纳德坐在逼仄的控制台中间，木星已在位置上，一切就绪，唐纳德的手指在键盘上飞舞。他拍下三张照片，分别是红色、绿色和蓝色的，然后他把它们合成一张彩色照片。木星表面的细节很快就会偏移方向，这一切必须在很短的时间内完成，而唐纳德速度惊人，还一直道歉说自己很慢。我注意到红色的木星图像跟绿色和蓝色的看上去有显著区别。“那是因为大气层下端有时会呈现明显的蓝色。”唐纳德解释道。

“拍摄行星靠的是数量而非质量。我大概拍了2万多张行星照片。你喜欢的话我可以给你看。”他狡黠地笑着。我问他这些图像是否可构成世界上最大的对火星和木星表面的持续记录，我怀疑这真的可能。“日本有个家伙，宫崎勋，他的可能和我的一样多，”他答道，“我们是对手。他是东方天文学会木星部的负责人，人很和善，拍照也很好。我们的望远镜和相机几乎完全一样，我们也合作了一些论文。他最喜欢木星，而我喜欢火星。我用他的数据，他用我的。科学就是这样。

“我拍了一些木星离太阳有12度时的数码照片。负责‘伽利略号’任务的人需要。‘伽利略号’往木星大气层投放了一枚探测器，但主航天器的磁带录像机有点卡，他们不想用它来拍摄木星背面的照片，怕它宕机，丢失探测器数据。所以，为了解探测器进入的时候在木星表面能看到什么，他们需要时间非常精确的图像。我们就在进入的那一刻拍到了图像。

“所有行星我都拍，但火星是我的挚爱。在月球与行星观测者协会，我们搜集了世界各地超过7000份的火星观测报告。我们的首要目标就是观察火星大气——它的云——而我专攻北极冰盖。我们设法让专业天文学家相信，火星每次再现，北极冰盖的外貌都会有所不同。过去人们曾认为冰盖保持不变是铁板钉钉的事实。我也在各处发表着论文——在15到20份专业期刊上，大约有150篇论文中有我的名字。”

大朵白云慢悠悠地飘过天空，像牧场上的牛羊，在我们等待木星重现的间隙里，唐纳德告诉我，他和欧洲、亚洲的其他爱好者如何帮助专业天文学家瞄准哈勃空间望远镜，以便在精确时间捕捉火星，还有他们如何拍摄到很多专业天文学家都忽略掉的火星上的一场大型尘暴。“他们把论文发过来——是法语的——上面写着，‘这是最好的天文学家用最好的望远镜拍下的最好的火星图像，业余爱好者根本看不到这个’。他们所有的CCD图像都显示只有一点点云：我是说，他们把尘暴完全漏掉了。”他大笑起来，“从那以后我们就开始帮助他们修正他们的数据。”

木星在飞动的云中穿梭。“我感觉不太好，”唐纳德说，他感冒刚好，“今晚我们不拍了。”他刚说完，云就分开来，木星又出现了。“天哪，看起来不坏，”他说，“我再试几张吧。”他又回到键盘前，手指飞舞起来。

第十三章
木星

漆黑的高空中，

贪婪的、埋葬一切的云黑压压地铺开，

阴沉而迅速地扫过天空，

在东方留下的一线清亮里，

升起了巨大、沉静的君王之星朱庇特。

——沃尔特·惠特曼

圣主如天万物春。

——苏轼

我在1993年一个暖春的夜晚，挤出了几分钟时间抬头观星。我带着一架便携望远镜到花园里去，把它对准木星。这颗大行星像一只胖胖的大黄蜂，在东南天区低垂；远山正在凉下来，热气上浮，扰动着空气。在低倍率的小望远镜中，四颗伽利略卫星很快跃入视野——木卫四，木卫三，木卫一在左，木卫二在右。我换到高倍，细察木星的圆面。起初只能看到一点细节，但几分钟后涌动的空气稳定下来，我就立刻发现有些不对劲，或者更准确地说，有些不寻常——那是个暗点，有伸展的曲线，像个钩子，靠近南赤道带。那会是什么？我没有相机也没有绘图板，尽最大努力记下了当时的细节。

第二天我查阅了几个天文网站，确认了确实有事情发生——木星厚厚的大气上有了一次喷发，预示着南赤道带上的一次“苏醒”，或是亮度的增加。

它先是被西班牙和美国的天文爱好者发现，然后又被位于法国比利牛斯山日中峰天文台的专业工作者拍了下来。那个钩子最早是个喷发出来的卵形凸起，后被临近南赤道带的喷流风拖拽成钩状。正如月球与行星观测者协会木星部的若泽·奥利瓦雷斯报告的那样，“喷发最早是蓝色的，后面暗的斜向小卷云也差不多是这个颜色……但过了一

段时间这些蓝色就没有了。

“在我看来，木星上层大气云盖蓝色的部分，几乎都是刚从下端蒸腾上来的，温度比周围也要高一些——至少一开始是这样，”奥利瓦雷斯推断，“为了佐证这一点，我给出了相应的证据，北赤道带南部边缘发现的蓝色火山灰所在的地方，其温度经测算是木星上最高的。所以我倾向于认为，我观察到的（南赤道带的）苏醒后最初的喷发是温度高的物质从下方上浮到表面所致。”[187]

我读着这新闻，第一次令我产生观星兴趣的那种感觉又回来了。我们可以自己去了解自然，无须等待神父的决断、国王的仲裁，或是别的除我们审慎严肃的观测以外的东西——这不就是天文学，或者说所有科学最精彩的地方吗？木星（朱庇特）的名字是众神之王，但对任何人而言，只要能够按照自己的意愿操作一台望远镜便可以宣告成“王”。星空之下万物平等。

木星在温暖的内太阳系和遥远冰域的中间地带运行。那里非常冷：木星到太阳的距离是地球的5倍，日光和重力则以距离的平方递减，和地球上相比，木星上每平方米只有二十分之一（4%）的日光照射。这被认为能够解释为何带外行星都很大。理论学者推断，太阳系形成之初，行星在凝结之前是个圆环，圆环由宇宙各处可见的物质混合而成，也就是说大部分是氢和氦。但这些轻的气体没办法在靠近新生太阳的地方存在很久：日光和太阳风把它们都吹跑了，所以带内行星主要由剩下的较重物体（岩石、硅酸盐物质等）构成，它们没被吹走。在外太阳系，日光太弱，无法吹走氢和氦，所以那里形成的行星是由这些轻的物质聚集而成的。结果就是形成了具有岩石内核的大行星，它外面包裹着厚厚的液态氢和氦，最外层是大气层。因此我们用望远镜看到的木星并非固体的表面，而是它深厚复杂的大气层顶端。圆面上蚀刻着一些平行的带和区，夹在暗一些的南北两极中间。那些复杂的图案被称作环、卷云、裂缝、凹痕、结、点和块，这些东西在带和区之间都可见。用类似“卡西尼号”（它在去土星的路上掠过木星，进行了动量转移助推）这样的空间探测器仔细勘查，揭示了带甚至区都有着剧烈的活动。木星和大部分天体一样，你越是仔细看它，就越觉得它美丽。

因为它那么大——太阳系其他所有行星可以被悉数装在它的身体里，并且还有空间让它们在里面摇动——木星是很容易观测的。它比天空中任何恒星都亮，它那扁胖的圆面直径超过40角秒，而大冲时候的火星才15角秒。木星的质量比其他所有行星加起来的2倍还大，这就给它的内核施加了挤压性的重量。内核因此被加热——和被捶打的钉子会变热是一个道理——结果就是，木星表面的大部分热能并非来

自太阳，而是来自行星内部。如果木星的质量再比现在大100倍，内核温度就高到足够产生核聚变，太阳就会变成双星系统之一。实际上，木星属于一种质量远小于“褐矮星”的天体，通过引力（塌缩产能）而不是热核反应发光。用1926年天文学家欧仁·安东尼亚迪的话说，“木星是个冷却的太阳”。[188]

如果我们可以乘着气球，自木星那五彩的云顶下降，设法操纵气球到达木星的中心——这需要一个首先能够承受粉碎性压力的太空舱，它让我们在2.5倍地球重力环境下安然无恙——天文学家认为会是这样：

首先我们经过巨大的黄色、橙色、紫色、棕色和灰色彩云组成的上层大气，背景是延伸到数千英里外的地平线上的湛蓝天空。我们缓缓下降，光线转为暗红色，我们经过氨冰云，接下来是硫化氢和氨的混合物，然后是固态水和雨。我们继续下沉，温度接近地球上的春天，大气压增加到地球上海洋100米深处。黑暗降临，现在深度还没到1000千米——只是71000千米的木心之旅的开始——大气层密度增加到足以将气体液化。如果我们的航天器可以下降到由此产生的海洋——有15000千米深——我们就能在下面看到另一片海洋，它由金属氢和氦构成，这占据了木星内部的一大部分。最终我们抵达了它的岩石内心，其体积大约有地球那么大，质量却是地球的10倍。

1995年12月“伽利略号”航天器发射的探测器以每小时106000英里的速度进入了木星的大气。它以230高斯的重力加速度下降，但还是设法将信号传输维持了将近1小时，到达600千米深的地方，超过了氢气液化层一半的深度。在归于沉寂之前，它测量的温度超过300华氏度，大气压是地球海平面的23倍。在地球上观测木星的天文爱好者的帮助下，科学家定位到了探测器的进入点。它在一个红外热点附近——那是一片干燥的木星“沙漠”，因此也许不能代表木星的全部——但无论如何这数据都包含巨大的信息，可以帮助我们了解木星。还有些意想不到的惊喜，譬如闪电不如预期的那么强烈，但有比预期的速度更快的风，特别是还有氩、氪和氙的痕迹。只有在极端低温下木星才有可能捕捉到这些惰性气体——温度要比冥王星和遥远的柯伊伯带还低。要么就是在木星形成的那会儿，原太阳星云比我们想的要冷得多，要么就是木星原本距离太阳比现在更远，只是慢慢才靠近现在的轨道，也许部分是因为偶然向外太空抛出了一整条柯伊伯带和别的天体，丢失了动量所致。

木星自转很快——赤道上的一天仅有9.8小时——因此观测者要想画出细节特征，就得动作快，否则一侧边缘上的细节很快消失，另一侧边缘上的细节又冒出来。[189]观测者可以画带状地图以避免这个

问题，也就是画出围绕行星的一整条带或区。尽管在地球上的一夜之内，木星在天上就可以完成一次完整的自转，但对非全天候观测者来说，绘制一整条带状地图需要好几个晚上。如此快的自转速度，再加上它本身大部分是液体和气体，让木星变得非常扁：它的两极直径和赤道直径比为14 :15，故而观测者要画木星的素描，就要先从它略扁的轮廓开始。

1610年伽利略第一次用望远镜观测木星时，注意到它有点像一个小型的太阳系。四颗大伽利略卫星——木卫四、木卫三、木卫二和木卫一，只要不被木星的炫光遮蔽，从地球上用肉眼轻易可见。[190]实际上，一些眼尖的人用肉眼可以看到至少一颗伽利略卫星，用双筒望远镜可以看全四颗。中型望远镜可以看到卫星的圆面，大型望远镜可以看到卫星圆面上的斑纹。不过，1973年9月，行星科学家约翰·B.默里设法用法国日中峰天文台的105厘米反射镜拍摄了四颗卫星的细节图片，承认了“观测卫星表面细节的困难不应该被过分夸大”。[191]

每颗伽利略卫星都是个独特的世界，有着自己的故事。

木卫四是四颗中最外面的一颗，体积有水星那么大，从地质学上来说是死的。和水星一样，它的表面到处是坑，这意味着在太阳系早期的动乱年代，木卫四也曾有过一点点地质活动。“仙宫”是个很亮的大坑，有点像月球上的哥白尼环形山，在良好的观测条件下，是可以从地球上辨认出来的。

木卫三是太阳系中最大的卫星——实际上比冥王星和水星还要大。它的表面是冰镜与古老灰暗的物质交织的纹路。表面不断覆盖的冰雪表明，某种地质活动随着时间的推移改变着这个世界，但我们尚未得知到底发生过什么，什么时候发生的，以及为什么会发生。

木卫二比地球的月亮略小，但质量只有后者的三分之二，有着冰封的表面，其上略有坑洼，不像月球表面那样遍布原始物质。这意味着它的表面从地质学上来说还很年轻。包括“伽利略号”木星轨道飞行器对木卫二磁场的测量在内的几项理论和证据，提示冰面下有液态水的海洋。是什么让海洋没有封冻？我们推测木卫二的地心是熔融的，在漫长的岁月中被木卫二和凸起的木星及周围卫星之间的潮汐作用力揉捏，并维持着高温。地球上的海底地热出口为大量生命提供了生存条件，并且有人提出这些出口就是地球生命起源的地方，那么可以想见木卫二也能滋养一些海洋生物。

木星系统间的潮汐作用力牵动卫星的内核，使这个小型世界有着地质活动，这在伽利略卫星中最内侧的木卫一身上得到戏剧般的体

现。木卫一的轨道比地球的卫星月亮还大，但木星的巨大引力场每隔1.8天就会“鞭打”它一次。潮汐力推拉着木卫一的地核，像一个强壮的人挤压一只皮球，令其成为太阳系中火山活动最多的天体：多次地质活动不断撩拨敲击着它纤薄脆弱的地壳。缓缓活动的火山喷出物落回硫黄色和花岗岩灰色的地面，喷出物的速度超过了木卫一的逃逸速度，补充了沿着木卫一轨道围绕木星的一圈等离子环。

在表面上，花岗岩驳船漂浮在熔融的岩浆河流上。如分子生物学家兼天文爱好者约翰·H.罗杰斯所说，“这个世界胜过科幻小说”。[192]

有一篇洞察木卫一的狂暴本质的代表性论文，是由三位物理学家撰写的，他们是加州大学圣塔芭芭拉分校的S.J.皮尔、NASA埃姆斯研究中心的P.卡桑和R.T.雷诺兹。他们以卓越的时间管理，赶在“旅行者1号”抵达木星、第一次近距离勘查木卫一的3天前发表了论文。据他们计算，由于木卫引力相互作用导致的轨道离心率和“木星导致的巨大潮汐力”，木卫一可能是“太阳系最炽热的类地天体”，并有“遍布表面的火山……导致大量的分化和排气”。[193]

詹姆斯·赛考斯基是纽约布卢姆菲尔德的一个高中科学教师，也是天文爱好者，他在20世纪90年代初获得了哈勃空间望远镜的观测时间，用以观测木卫一。赛考斯基的目的是在木卫一从木星的阴影中浮现出来后的最初15分钟里，获得这颗冒烟的卫星的图像。自1960年始，地球上的观测者就注意到，在这最初的15分钟里，木卫一的亮度比平时增加10%到15%，这也许是因为木卫一藏在木星阴影里时表面的二氧化硫结冰，回到日光中后二氧化硫又升华产生大量蒸汽。观测前夜，赛考斯基在空间望远镜研究所附近巴尔的摩的旅馆房间里彻夜未眠。“我有点害怕，”他对一个记者说，“也许有人搞错了，也许是我呢。要弄砸这一切太容易了……这就像运动员参加奥运会或飞行员驾驶F—16战斗机的前一晚。这是你生命中最重要的一天。对我来说，没有比这更爽的了。我将要使用一台15亿美元的设备。我做梦都不敢想象。”[194]

在研究所里，赛考斯基可以目睹自己的观测运行，“赛考斯基/木卫一二氧化硫浓度和亮度追踪观测”和一众杰出的天文学家和天体物理学家（比如加州理工的詹姆斯·韦斯特法尔、新墨西哥州立大学的雷塔·毕比、加州大学的桑德拉·法贝尔，还有普林斯顿高等研究院的约翰·巴考尔）的项目一起列在电脑屏幕上。属于赛考斯基的观测时间开始的时候，其实没什么要他做的——空间望远镜受预装进存储器的电脑指令驱动，自己运行——他只是紧张地转动自己的手指。然后，当第一张木卫一的图像出现时，他放下准专业人士的缄默，脱口而出：“你好哇。”令人失望的是，数据并不理想。并没有木卫一明显变

亮的记录，提示这个现象可能是视错觉，或只是间歇性的，比如说火山喷发。但赛考斯基的工作还是帮助了天文学家研究木卫一的大气。“天文爱好者詹姆斯·赛考斯基拍摄了木卫一的近红外图像（7100埃），为木卫一表面构成提供了新的观测限制。”NASA发布的通告中这样写道，他作为一篇发表在《伊卡洛斯》上的学术文章的合作者，感到又紧张又兴奋。[195]

“能够站在那里看到信息数据传输进来，真是很棒的体验，”后来赛考斯基说，“率先知道别人都还不知道的，看到别人还没看到的，这让我感到很兴奋，知识又扩展了一些。”[196]

里卡尔多·贾科尼是空间望远镜研究所的主任，也是业余爱好者项目的负责人——为了开展这个计划，他贡献出了自己的主任委任观测时间——他承认“这个业余爱好者项目有时会招致批评。这种声音多数集中于要上线这个项目得投入大量资金，怎么敢把这么多钱投在业余爱好者身上。但是业余爱好者并不比别人笨，有时甚至更聪明……看看这个人的面孔吧，我是说，他待在这间办公室里，开心得双脚离地。不能分享的科学是可怕的，分享科学应当成为文化的一部分。它应当让你燃起求知欲，拥有梦想。否则它就只是数字”。[197]

除了伽利略卫星之外，木星还有其他三个卫星“家族”。最里面的一个家族由四颗小天体构成——木卫十六、木卫十五、木卫五和木卫十四。它们当中有三颗是“旅行者号”发现的，第四颗——木卫五是个形状不规则的天体，长度接近150千米——是爱德华·埃默森·巴纳德于1892年在利克天文台用36英寸折射望远镜发现的。伽利略卫星之外还有个家族，由四个成员组成，它们是木卫十三、木卫六、木卫十和木卫七，直径都不到100千米。木卫六的星等为14.8，它距离木星足有1度，眼尖的观星者配合高倍率的望远镜能看到它。最后，最外层的一个家族由木卫十二、木卫十一、木卫八和木卫九组成。这四颗小卫星的轨道是逆向的，就是说它们围绕木星运行的方向和别的卫星相反；据推测它们可能是被木星捕捉到的小行星或彗星碎片。

木星也有个暗弱的环——有人说那就是个烟圈，组成这个环的粒子可能由小陨石冲击内侧卫星激起的灰尘形成，通常和雪茄的烟雾粒子一样小。它由三部分构成——最内侧的环距离木星的云顶有半程距离，这个主环与木卫十五和木卫十六的轨道交错，还有两个外环非常暗弱，在其中“巡视”的分别是木卫五和木卫十四。木星环最早由“旅行者号”发现，地面上专业的大望远镜于是都尽其所能，试图去获取这个环的图像，但据我所知还没有哪个业余爱好者观测到它——目前还没有。

要对木星系统的规模有个了解，请想象一下把地球放在木星的中心，我们的月球就在木卫一的轨道以内，遥远的木卫九在距离火星三分之一的位置。木星的磁层构成了一个黄蜂形状的区域，其中的磁场在接受太阳风中带电粒子的清洗之前，便朝着轨道公转的方向在行星前方延伸了700万英里；在磁层顶，木星的磁场把太阳风堆积起来，此刻其背后延伸出的结构有时可以和土星相接。如果肉眼可见的话，从地球上看，它会在天空中若隐若现，是满月的4倍大小。比地球表面还大的极光在木星两极舞动，那是木星磁场线汇聚的地方。巨大的雷电击打着高空大气。流星纷至沓来，撞入木星的高层大气。每天撞进地球大气的流星有400吨，这个数量在木星面前却微不足道，这颗行星在漫长的历史中消化了数百万颗彗星。

“旅行者号”和“伽利略号”任务从木星传回了数以千计的近距离照片，这也许恰好打击了天文爱好者继续研究这颗大行星的积极性。他们还指望靠什么来竞争呢？对于木星的卫星，这个心态在某种程度上是合理的。空间探测器传回的木卫二龟裂的地表和木卫一的火山照片细节动人，地球上的观测者所剩无几的兴趣就是尝试画出这些卫星的表面特征，大胆的观测者都曾尝试过，比如19世纪最初十年的爱德华·霍尔登、20世纪20年代的珀西·莫尔斯沃思、20世纪30年代的欧仁·安东尼亚迪、20世纪50年代的贝尔纳·利奥，还有20世纪80年代的奥杜安·多尔菲斯。有些地面观测者依然成果斐然：他们似乎瞥到了一些木卫一上火山喷发的迹象；1953年利奥在日中峰天文台制作的木卫三地图，在某些方面与“旅行者号”对这个冰雪世界更精密的测绘甚为相合。长期来看，探测器返回的结果激励了业余爱好者去从事更为广泛和更加翔实的木星观测项目。即便探测器在轨道上运转，使用它的天文学家和地面上业余爱好者之间的合作还是能产出比其他任何方法都要完整的木星照片。

此外，光是目视木星也是乐趣无穷。一个人能看到的是可见的天气——和在地球轨道上看风暴与雷雨云的经历类似，不过范围更大、时间更久、颜色更加丰富。总体的颜色是淡黄色。在细节方面，不同的观测者见仁见智，在我自己的眼睛看来，带是棕色或褐色，略有红色和橙色，而区的大部分是淡黄色、米白色，或是朴素的氨白色。大气的颜色被认为是来自（至少部分是来自）云中的磷化合物，它们被辐射、闪电和高速的垂直风流激亮，还有其他狂暴的机械作用让这颗行星变成一个群魔乱舞的地方。红外研究显示，云的颜色可能暴露了它们的高度：蓝色云最低（因此也只能在上方天空最晴朗的时候被看到），棕色云其次，白色云在棕色云的上面，红色云在最顶部。因为随着探测的深度增加，木星的温度升高，所以高度最高的云也是最冷的。比如说，带的高度就比区要低，温度却更高。

木星大气流动的物理驱动力是什么，我们尚未充分了解，但能够确定的一个因素是科里奥利力，受它的影响，行星自转产生环流圈，又由此产生气旋和反气旋。[198]地球赤道以每小时1000英里的速度移动，科里奥利力产生的环流圈有如圆卵，高度大于宽度，形状颇似飞机舷窗，但在高纬度的一端会向东倾斜。而木星轨道以每小时27000英里的速度疾驰，产生更剧烈的科里奥利力，把环流圈拉成又薄又扁的卵形，像两根手指之间的皮球。高速、高海拔的风——喷流则沿木星带和区的边缘逆向而行。用望远镜在木星上看到的斑点是涡旋，它们出现在沿着相反方向对撞的风层边界，好似水中的涡流。因为大气宽广且迟缓，涡旋和别的木星天体模式的持续时间比地球上的要长得多。地球上的飓风的持续时间以天或星期计。木星上最大、持续时间最长的涡旋就是大红斑，它是一个比地球还大的卵形，已经肆虐了数百年。

宽广暗弱的南赤道带和稍亮的南热带区被一条不规整的线所分割，大红斑就在这条线上，两个区域各被它占据了一点。“旅行者号”的热测量结果提示，这个红斑可能就在大气约200千米以下，这就意味着其宽度是高度的100倍（地球上典型的飓风的宽度大约是高度的10到20倍）。和木星上几乎所有的斑点一样，大红斑是个反气旋，是处在一个高压区中心的风暴。飓风是低压气旋，而高压反气旋在比周围云团稍高的地方游荡，一如它们的白色或者红色所透露的那样。

最早发现木星斑点的一批观测者是1664年英国的罗伯特·胡克、1665年罗马的朱塞佩·坎帕尼，还有博洛尼亚和巴黎的让—多米尼克·卡西尼。根据他们的绘图和描述，我们并不能确定他们看到的就是大红斑，不过多纳托·克雷蒂在1700年前后画的一幅可爱的图画——画中描绘的是天空下的观测者和一架小望远镜，克雷蒂热切地将天空中的木星画成了一个很大的圆面，以表现它在望远镜中呈现的样子——展示了看起来像大红斑的东西，如果这就是大红斑的话，那这场风暴确实至少存在300年了。对大红斑最明确无误的科学记录可追溯到19世纪30年代，它被确认为非永久性的特征是在1879年。历史记录清楚地显示这个红斑的强弱是有起伏的，它有时候很红，有时候暗淡，有的时间段里就像一个嵌入南赤道带的没有颜色的海湾。由于尚不知晓的原因，这些变化很明显与南赤道带的外貌同步，南赤道带变弱的时候红斑变红，南赤道带“苏醒”的时候红斑变白。

大红斑过中天的时候，也就是经过两极中间直线、最靠近圆面中心的时候最好看。通过对大红斑及较小的斑点过中天的计时，一代代的业余爱好者制作木星天气的图表，积累了有用的数据。他们的日志记录着涡旋半自由地悬浮在大气中，像油中漂浮的轴承，有时候它们

会互相吞噬。这个信息帮助科学家构建了木星大气的流体动力学模型，在这个模型中涡旋的出现和维持被看作在混沌之海中自发出现的海岛的范例。长期来看，对木星及别的大行星上的可见天气的研究，对于地球天气的建模和预测是有帮助的。

随着CCD相机的出现，木星可以有更清晰的照片，它们可以在一定时间段内持续记录细节上的变化。尽管空间探测器和哈勃那样的轨道望远镜可以获取最锐利的图像，地面上的天文爱好者和专业天文台依然以他们持续的观测项目为其提供了补充。正如唐纳德·帕克在卧室里就可以用望远镜独领风骚，一个技术过硬的业余摄影师用CCD相机拍摄的木星照片，从单张上可以获取的信息量来看可与哈勃广域行星相机相较——而且哈勃还有别的任务要做，而业余爱好者可以经年搜集木星的数据，以量取胜。2000年12月，木星的图像被“卡西尼号”空间探测器和葡萄牙天文爱好者安东尼奥·西达当以30个小时的时间间隔获取。“卡西尼号”的图像确实揭示了更多细节——正如你所料，航天器距离木星比地球距离木星要近10倍——但除此之外两组照片几乎一模一样。“要知道，其中一组照片是用一架量产的10英寸施密特—卡塞格林望远镜在葡萄牙的一个公寓阳台上拍摄的，另一组却是价值几十亿美元的航天器靠近目标拍摄的，而它们的区别几乎可以忽略，”加拿大天文爱好者兼望远镜制作者加里·塞罗尼克说道，“一张又一张的图片一次又一次说明，业余爱好者在分辨率和探测深度上可以达到前所未有的高度。”[199]

四颗伽利略卫星有时候会从木星前面穿过。用小型望远镜很难在木星圆面的背景中看到它们，尤其是当它们从颜色比较浅的区前面而不是从比较暗的带前面穿过的时候，但它们的影子很明显。[200]在木星冲之前，影子走在卫星前面，所以会在木卫凌木之前就出现；木星冲之后，影子则跟在卫星身后。外卫星的影子也可以落在内卫星上，形成食；还有些时候，一颗卫星直接从另一颗面前穿过，形成掩。业余爱好者算准这些卫星“相互作用”的时间，可提供有用的数据，帮助我们更好地了解卫星在潮汐效应影响下的复杂运行。这个信息对于空间探测器发射定位来说也是很有价值的。

业余射电天文爱好者也观测木星。这颗行星在若干个频段会爆发射电信号。因此业余爱好者一般可通过调谐分米波段，接收木星磁场捕获的带电粒子产生的噪声，而调到间歇的毫米波段可接收到来自木卫一和木卫一环相互作用的噪声。毫米波则是木星大气热能的一部分。在业余无线电爱好者的跳蚤市场，很容易买到简单的接收器，接收器连着的天线就是系在三根杆子上的一根线，用这样的接收器就能对木星做射电观测了。倾听来自木星的射电噪声有种奇异的乐趣。“L

暴”是木卫一环发出的长周期射电，类似遥远而巨大的金属片在空气中拍击的声响，又像马勒交响乐的后台效应。“S暴”速度更快，令人想起老唱片里货运火车经过岔道时的咔嗒声。将S暴的带子按照一分钟播放半秒数据的速度慢速播放的时候，就会产生一串奇怪的、下降的哨声，像外星鸟儿的鸣叫。

且不说它的美学价值，这样的数据也是有科学意义的。当舒梅克—列维9号彗星的碎片撞击木星时，南卡罗来纳州彭德尔顿的三县理工学院的学生们记录了至少两次撞击产生的噪声，非常清晰。他们把数据发给了伯克利和佛罗里达大学的天文学家们，并且在月球与行星观测者协会和业余射电天文爱好者协会的会议上展示了这些数据。天线由内装18英寸圆环的10英尺抛物面组成，其设计是参考了一篇杂志文章。“我们的高质量RG—8线缆在正常工作，直到我的狗‘木星’吃掉了露出地面的16英尺缆线，”项目负责人约翰·D.伯纳德说，“诺思兰电缆公司的人听了哈哈大笑，笑完之后就给我们免费换了带连接器的、露出地面的16英尺缆线。”

业余爱好者团队同时也“在舒梅克—列维9号彗星与木星的碰撞中搜集到了独特的、不可解释的信号”，伯纳德描述道：

> 天文学家提示，如果木星的磁层被（彗星碎片）猛烈冲撞，我们可能会在下午听到些东西，尤其是在高频段。我们当时正好就坐在接收器前，锁定固定的频段，频谱分析仪突然像棵圣诞树一样亮起，然后辘辘声在接收器中响起，持续约40分钟。我们吓了一跳，都跑出去看头顶上是不是有飞船出现……我们并不会去推测这些信号的来源（这个问题留给专业天文学家），但是……我们可以提问：“这些信号波中是否暗含地震的信息？”我们拥有数据，（但是）会留给专业天文学家去做出理论解释……作为猎手，我们已经带来了一些有用的数据；现在我们要做的就是去解释它。[201]

这对业余爱好者来说是很常见的。他们做出了出色的观测之后，会要求专业天文学家来帮助破译他们的数据。但当业余射电天文爱好者担心他们邮件里的问题太过幼稚时，他们往往又会非常谦逊。“别忘了，调到WJUP——拨到大红斑（的频率）”，先发一封骚扰邮件打广告，然后在第二封邮件里说“新出炉的木星/木卫一数据，已通过因特网奉上”。

观测木星那动人心魄的、暴力又冷艳的天气模式，以及它的卫星无休止的舞蹈，这本身就足以让你去弄一架望远镜。但当这一切开始的时候，木星在那外太阳系的冰域之中并非独自一人。更遥远处还有

三个巨人。

土星风暴：拜访斯图尔特·威尔伯

斯图尔特·威尔伯纯真如比利·巴德[202]，是一个心口如一的好人。1992年一个温暖的夜晚，我们在他位于新墨西哥州拉斯克鲁塞斯的家后面看他的望远镜，远处红色的山岭令我想起火星，他的女儿里吉尔——这个名字源自猎户座中最亮的星——正在草地上玩耍。斯图尔特看着她，低语道："生命真是美妙啊。"

我们的目标是土星。望远镜是10英寸的F/7牛顿反射望远镜，斯图尔特亲手制作了它，并且写了一个电脑程序，用以检测镜子磨制时的形状。光可鉴人的白色镜身放置在一个流线型多布森式样的箱式装置上，装置是黑檀木——一种优质的非洲硬木，配以黑色胡桃木饰边。"让我们在黑夜中随便搜集点什么吧，"斯图尔特悄声说，"只要有一点点光学设备的帮助，在后院就能做出很惊人的事。我就是热爱仰望天空。"

在斯图尔特的邀请下，我透过目镜，看到土星很快地滑过视野（望远镜制作简陋，没有抵消地球自转的转仪钟）。土星环如刀片般锋利，球体上布满沙色、紫红色和深褐色的花纹，像风暴中女人的头发一样流动着。在普通望远镜中，行星看起来就像静止的画。在超级望远镜中，比如面前这个，它们看起来就像整个世界。

斯图尔特是当地一所社区大学的兼职数学教师。他不能做全职教师，因为他没有硕士学位，也担负不起取得学位所需的一年两门以上课程的学费。"我在学向量方程，"他说，那种热切像饥饿的人在点牛排，"很快我就能处理贝塞尔函数了。"

1991年9月24日晚，山区时间8点30分，斯图尔特用他的望远镜在300倍的倍率下仔细检查着土星，然后他注意到在靠近土星圆面中心的位置有"白色针孔大小的光"。他叫他太太到后院来，问她在土星上有没有看到什么不寻常的。"我看到一个白点。"她说，然后指出了位置。斯图尔特很满足，"我并不只是随便看看"，然后他打电话给他的邻居——冥王星的发现者克莱德·汤博。汤博建议斯图尔特联系新墨西哥州的天文学家雷塔·毕比，她专攻大行星。在她的怂恿下，观测员斯科特·默雷尔用位于托尔图加斯山的24英寸望远镜看了一看。

“斯科特到得有点晚，”斯图尔特回忆道，“那个时候斑点已经移出视线了。”土星上的一天持续10.2小时，一旦斑点在某个夜晚转动到土星另一侧，就得到第二天早晨太阳升起后才能转回来，而太阳落下后它又转到背面去了。结果就是土星观测者要等待3天的周期。“3天后斯科特打电话来说：‘是的，你的斑点回来了。’”斯图尔特告诉我，“我一定是在它刚出现时就发现了它。”

土星是一团由气体和液体组成的球，质量等于95个地球，但密度极其低，它可以漂浮在水中。它是太阳系仅次于木星的第二大行星，直径75000英里，比地球的9倍还多。黑暗深处巨大的涡流从那小小的岩石核心延伸到表面。在很久很久以前，巨大的泡泡在深处形成——或许通过逐渐增加上层云团的不透明度来维持在那里——然后冒出头来，像升起的雷雨云砧，覆盖着闪光的氨、水混合冰。这样的大白斑点，曾有一个被威尔·海于1933年观测到，他是英国的电影、广播和音乐厅的喜剧演员。另外一个是南非天文爱好者J.H.博瑟姆于1960年发现的。斯图尔特·威尔伯发现的是第三个。

斯图尔特看到这个斑点的时候，它的直径不超过10000英里，很快就遭遇土星上层大气高处的风，绽放成明显的长椭圆形。全世界的天文学家都把望远镜对准它。雷塔·毕比联系了掌控哈勃空间望远镜观测任务的同事，他们立刻把哈勃的闲余时间用来拍摄这个威尔伯白斑。

“这一套数据至今仍被用来分析土星的赤道区域，”近9年后，雷塔·毕比告诉我说，“我们现在在研究大气是如何从风暴中恢复的。哈勃空间望远镜与爱好者的观测结合起来，可以让我们获得非常重要的数据。据史料记载，这种规模的风暴一共有三次，每次间隔约57年，看起来，蓄积、风暴、恢复的周期大概就是这么长。土星的公转周期是30年，所以这样的风暴可能是每两个土星年一次……我们不能确定。毕竟，我们观测土星也才四个土星年而已。

“在监控大行星上的重要风暴时，我愈发依赖爱好者了，因为这样的风暴是小型望远镜能够观测到的，”她补充道，“业余爱好者拥有的望远镜一般分布在6英寸到12英寸之间，他们有很大的概率穿过地球大气湍流看到行星。人眼的反应速度是很快的，业余观测者在瞬间看到的东西，你很难去超越，因为要发现一些奇怪的事情，观测者需要的只是一个瞬间而已。

“斯图尔特发现白斑时，土星在西方地平线上，只有15度

高。对专业天文工作者来说那并不是一个理想的观测位置，因为那里的地球大气太厚，遮挡了低处的目标；但对于业余爱好者来说它却是不错的位置，他们乐于欣赏刚刚日落时升起的恒星。我觉得这些都是很有用的观测。当我在处理一个特别的问题时，我就冷静下来，想想外面会有一群业余爱好者为我观测着其他行星。”[203]

第十四章

外行星

春宵一刻值千金。

——苏轼

看不见的和谐比看得见的和谐更美。

——赫拉克利特

1997年12月一个湿润的夜晚，我在我位于旧金山的家中露台上架好了一架小望远镜，看月掩土星。这是人类观星者很古老的一个消遣，其历史至少可以追溯到公元前650年，当时巴比伦天文学家用一段楔形文字铭文记载了“土星进入月亮”。[204]今晚的掩星预计发生在当地时间11点18分。在这之前，土星好像消失在房子后面了，但我没法带着望远镜从铁梯爬到房顶上去，因为太滑，也不好让我的太太或儿子来帮我，于是我丢下望远镜，隔着房子给我儿子指木星的方向，然后给他描述了他睡着后我希望观测到的掩星。他的回答非常新奇：“如果土星不是从月球背后而是从月球面前穿过，会是怎样？”

时间要到了，月球和土星都消失在房子后面，我把望远镜脚架塞到露台的东北角，把脚架腿伸展到最长，视线才得以从房顶和被风吹拂的树枝中间穿过。尽管附近有街灯干扰视线，但我靠近目镜，还是可以隔绝大部分杂散光。

土星那睥睨万物的环就在那里，千真万确，潮湿的空气让它的颜色像是褐色河水中的一枚古旧的达布隆[205]，庄严的冷白色凸月几乎在它正上方。几分钟后，木星环西面的边缘开始被全黑的月球暗面吞噬。土星圆面很快也像一块香草茶饼干一样，一点点被吃进去，最后消失了。最终剩下的环也被吞掉了，除了月亮之外，什么都看不到了。我看了看表：分秒不差。开普勒该有多艳羡现代天文计算啊。

2000年11月一个沁凉的夜，我写下这些的时候，大行星们都在天上。透过窗户，我能看到土星散发着暗淡的锈铜色光芒，稍亮的木星从东边攀升，在土星身后约20角分处。（太阳系大行星这么近的合要20年才有一次。第一次见到行星合的时候我还是个高中生，第二次

见到时我是个37岁的单身汉，现在我是个退休教授，有了太太和一个儿子。要能看到下一次木星合土星，我得活到将近80岁。）今夜天王星和海王星都在西边渐沉，缓缓磨动的赤道仪提醒着我，天空之神天王星是时间之父。土星绕太阳一周要将近30年，天王星要84年，海王星要165年。[206]这些天体距离我们更加遥远，现在进入更加宽广的时空领域后，人类生命活动的范围就是一只小盒子。

望远镜中土星的模样比其他任何景象都能让人爱上观星——这是我很多年里问了很多业余爱好者和专业天文学家如何走入夜空后留下的印象。第一次见到土星环时的反应一般都是“哦，天哪！”“太赞了！”“这是真的吗？”之类的话。不管他们想表达的意思是什么，有人说土星美得不像是真的。

土星和木星一样，是个液态行星，只是更小——它的质量只有木星的三分之一——密度是木星的二分之一。因此尽管它的自转速率可以赶得上木星，但形状更扁。据推断，在土星的内部结构里，液态氢比木星少，氦分子比木星多。土星和木星一样，内部产生的热量比从太阳处接收到的要多，但因它质量较小，与太阳的距离更是木星的2倍，所以也更冷。

在望远镜中，土星展现出带、区，还有反气旋风暴，和木星差不多，但这些特征看上去都更柔和。它们浸没在更加寒冷的上层大气中，冰冻的氨结晶在主云层阻挡了我们的视线，木星与我们的遥远距离也让它们模糊不清。如果没有环，土星看上去就是一个更小更暗的袖珍版木星，就是一个属于内行人的天体，主要留给专业天文工作者或是高阶的、渴望挑战的业余爱好者。

但是，土星当然是有环的——一组独特的金色环，两边延展的长度可达从地球到月球的距离，而厚度可能不足一棵椰子树的高度。[207]观测者在地球上能看到三个主环——从里到外依次以A、B、C指代。明亮的A环和B环被一条锐利的黑线隔开，这就是卡西尼环缝。小型望远镜就可以很清楚地看到这些特征，但C环——1850年12月3日晚威廉·拉塞尔用威廉·道斯的折射望远镜在英国发现它的时候，称它为“可丽饼”——比较狡猾：要看到它，需要稳定的大气、经过训练的眼睛，还有至少6英寸孔径的望远镜。[208]除了卡西尼环缝，几个世纪以来，一直有观测者描述说在环内看到别的各种环缝；掩星观测中土星环从恒星面前移动过去时一明一暗的星光，也说明土星环是很复杂的。“旅行者1号”空间探测器于1980年下半年靠近土星，有些人认为那里可能有几十个之前没被发现的环和环缝。结果是，“旅行者1号”的图像显示有上千个。A环外面有环，在地球上可见的环和环缝之间有上百个环和环缝，还有一些古怪的环，甚至有扭成股的“辫

子”环。

从探测器拍摄图像，到接收土星环射电信号，多项研究都显示它们由冰、石头和灰尘构成，也就是说，它们像迷你的彗星一样是由“脏雪球”构成，直径可能只有10厘米，大体上不超过5米到10米。早期观测者推断土星环是气态或液态的。1660年，法国诗人让·夏普兰首次提出，它们其实是由公转的小型天体构成的。卡西尼发现了环之间的缝隙，这些环缝以其名字命名。这个发现增加了夏普兰假设的可信度，建筑师克里斯托弗·雷恩也因此最终放弃了自己的冕状物理论，宣称“土星环是无数小型月亮的聚集，像成群的蜜蜂”。[209]苏格兰物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦于1857年放弃了别的替代理论，论证说环如果不是由小型天体组成，会非常不稳定。匹兹堡阿勒格尼天文台的詹姆斯·基勒于1895年提供了观测证据，支持了麦克斯韦的计算结果。他拍摄了光谱，显示土星环的转动是不一样的，外层环比内层环转动得慢，就如同人们对百万超小卫星所预估的一样。

错综复杂的土星环系统被认为产生于环物质、近临卫星和土星突起赤道三者之间发生的引力共振。共振产生于两个天体的公转周期呈现整数比的时候，比如2 :1或5 :2。在这种情况下，公转的天体们不断地亲密相遇，就像推动小孩子玩的秋千，推到弧线最顶端，产生更大的弧，这个作用切开了土星环系统，产生环缝。卡西尼环缝就是其中之一，由土星卫星土卫一的1 :2共振产生。其他环缝则由小卫星土卫十、土卫十一、土卫十七和土卫十六的共振产生。

土星环位于洛希极限内——洛希极限就是当某颗行星与其卫星离得足够近，系统产生的潮汐力超过卫星内部的束缚能后卫星被撕碎的距离。[210]这个事实引申出两种关于土星环起源的理论。在第一种理论中，土星环——总质量大约正相当于一颗中等卫星——与土星同时形成，只是构成环的这些物质在洛希极限之内，无法凝结成一颗卫星。如果是这样的话，土星环应该是很古老的。在另外一种理论中，土星环是后来才形成的，一颗已经存在的卫星运行到过于靠近土星的位置，然后就解体了。这种情况下，土星环就比土星要年轻许多了。我们尚不知道哪种理论是正确的。

土星的极轴和土星环都与土星的轨道平面呈26.7度倾角。而土星的轨道平面和地球的轨道平面呈2.5度夹角，也就是说，在漫长的土星年中，土星环面对我们的角度是变化的，可以从以26度的角度向我们展开，变化到边缘对着我们，整个环都消失，只有通过大型望远镜才能看到。上一次这样的“环面交叉”发生于1996年，下一次则应该是在2011年。伽利略第一次用望远镜观测土星是在1610年7月，临近“环面交叉”的时间，他被那看起来像一对把手的东西蒙骗了。他将

注意力转向木星的卫星，直到1612年秋天才回到土星，然后惊讶地发现“把手”不见了。环面交叉期间没有土星环反射太阳眩光，为寻找未被发现的暗弱的土星卫星提供了绝好的机会——卡西尼就是这样发现四颗土星卫星的，威廉·赫歇尔也是这样发现了两颗卫星。土星的卫星共计有三分之一是在环面交叉期间被第一次发现的。[211]

土星环上有时候还能见到暗沉的沙漏形状的“辐条”，人们常说它们是被“旅行者号”发现的，但我们注意到地球上很早以前就有人观测到它们了。

斯蒂芬·詹姆斯·奥马拉在20世纪中期就独立发现了这些辐条，19世纪的欧仁·安东尼亚迪和E.L.特鲁夫洛则做出了更早的观测。这些辐条可能是悬浮在行星磁场中的流星尘粒子，非常符合土星的尺度：大的有巴西那么宽，长度可以绕地球半圈。土星以持续10.66小时的周期喷射出千米波段射电能量，大约与辐条出现的时间段吻合。

土星有八颗“经典”卫星，这八颗卫星是在还没有太空飞行的年代被发现的，它们的轨道与环面齐平，半径约是土星环直径的5倍，所以土星环可见的时候，卫星往往在很远的位置，没有经验的观测者会把它们错认为背景恒星。[212]最外层的三颗，即土卫八、土卫七和土卫六，它们的轨道半径是其姐妹卫星土卫五的2倍以上，再往里是土卫四、土卫三、土卫二和土卫一。[213]

土卫六的体积几乎与木卫三一样大，质量是月亮的2倍，它是太阳系内唯一有真正意义上的大气层的卫星。土卫六是1655年由天文学家和数学家克里斯蒂安·惠更斯发现的，那时候他才26岁。惠更斯是个能干的发明家，他在哥哥康斯坦丁的帮助下搭建了一架12英尺长的折射望远镜，可以将目标放大50倍（那个年代的望远镜一般物镜都很小，全靠镜筒长度和焦距，而不是靠光圈）。惠更斯于3月25日用这架望远镜观测到土星附近有两颗“恒星”，并记下了它们的位置。第二晚，他发现其中一颗移动了位置，后续的观测确认了它是在围绕土星运行。“观测到的最大偏离（即和土星的距离）略小于3角分。”惠更斯在日志中记录道，后来他又重新计算，得到了3角分16角秒的距离。[214]我用电脑程序验证了惠更斯的观测，他算出的土卫六和背景恒星（显然是SAO 99279）的位置都准确得惊人。

尽管土卫六用望远镜看非常小，但早在“旅行者号”任务验证了土卫六大气层的存在之前，敏锐的观测者就能窥得一点端倪。英国天文爱好者阿瑟·斯坦利·威廉姆斯进行了多次有价值的土星观测，他于1892年4月12日用一架6.5英寸反射望远镜仔细观察了土卫六，当时土星运行的位置正好可以让我们在圆面背景下看到卫星轮廓，像这样的

时刻4年才出现一次。他描述说，土卫六“中间最黑，到边缘就有点消退，像星云一般，并不锐利”。[215]

16年后，也就是1908年，西班牙天文学家何塞·科马斯·索拉也在土卫六上观测到了类似的渐暗的边缘，并提出这可能是因为有大气。到1944年，杰拉德·柯伊伯摄取了土卫六的光谱，发现了甲烷成分，证实了这个假设。1980年11月，“旅行者1号”近距离观察了土卫六（空间科学家对土卫六爱不释手，竟放弃了送空间探测器去天王星和海王星的机会，将其送出了黄道，只让它飞掠土卫六），然后发现它拥有非常浓厚的红橙色大气，几乎看不见表面陆地。[216]

土卫六是寒冷的——表面差不多有零下290华氏度——但它有些地方很像婴儿时期的地球，因此对研究生命起源的科学家来说，也具有极大的吸引力。当生命起源的时候，大地上并没有任何可以度假的去处，假使人类可以回到那个时期，他们就会发现那充斥着氢、氨、甲烷的有毒大气——这些在土卫六上都存在——是极度不宜生存的。克里斯托弗·威尔斯和杰弗里·巴达在他们的著作《生命的火花》中描述了这样的一次旅程：

> 你得穿上宇航服，因为大气中是没有氧气的。而且宇航服必须是有特氟龙涂层的，因为浓稠的空气中有非常讨厌的气体，譬如硫化氢和酸及盐酸蒸气，这些东西能轻易腐蚀普通化学材料制成的任何防护服，然后杀死你。你看得清周围吗？恐怕不太行——大气非常浑浊，很少有光能够渗透到陆地表面，即便是在大中午。但闪电会让你在瞬间一窥骇人的周围环境。你还可能看到附近活火山的红光。[217]

就如同制定法律和做香肠，关于创造生命这件事，结果或许比过程更有吸引力。

除了土卫六之外，只有土卫八是早在“旅行者号”抵达之前就为人所熟悉的土星卫星。卡西尼是土卫八的发现者，他注意到土卫八的一个奇怪特性，就是它在土星西边的时候会比在东边的时候亮得多。“它在西大距的时候可见，东大距的时候又不可见。”卡西尼于1672年这么记录，内容可靠、文笔丰华是他独特的风格。[218]而今，感谢航天器的图片，我们了解到，土卫八直径1460千米，并且被引力锁定——因此它只有一面正对土星，就如月球只有一面对着地球——其中一个半球上覆满黑如煤灰的物质，因此卡西尼观测到两个半球亮度截然不同。这些处于土卫八轨道运动右侧的所谓“煤灰”，或许是陨石撞击土卫九或另外某颗土星卫星表面溅出去的尘埃。而土卫八的另一部分则可以反射亮光，使得天文学家戴维·莫里森及其同事做出结

论："这匹斑马呈现的是白底黑条，而不是黑底白条。"[219]土卫八在土星东面的时候亮度只有六分之一，只要有心，业余级别的望远镜也能观测到这一现象。土卫五和土卫八几乎是双胞胎，在亮度上呈现出不对称的特点，土卫四也是。

内侧比较亮的卫星有土卫一和土卫二，它们都很小（直径分别是394千米和502千米），彼此靠得很近（它们的轨道相距仅52000千米），除此以外它们没有什么相同点。土卫二表面复杂，一半坑坑洼洼，一半是光滑有纹路的平原——共有五种地质特征。然而土卫二表面反射的光很均匀，这表明整个星球范围内的冰面都经历过重塑，将其表面打磨得有如大理石般光滑。土星那纤薄的E环——土星环系统最外面的那个——就在附近，在靠近这颗卫星的地方呈现出一个明显的尖峰。也许将土卫二"抛光"的事件也使得大量冰粒被喷发到邻近的太空，产生了E环。

与此同时，土卫一身上有个直径足有125千米的陨石坑，看起来还是新鲜的。土卫一自己还不到400千米宽，这个陨石坑的比例差不多相当于人眼球上的瞳仁，这意味着产生陨石坑的撞击非常剧烈，几乎可以把这个小卫星解体。如果土星环是成形的卫星后来解体而形成，那么土卫一就是少数幸存者的一个例子。

会让研究混沌的学者感兴趣的土星卫星是土卫七。这个土豆形状的超小卫星只有190千米长，114千米宽，沿着土卫六和土卫八中间的轨道运行。也许它是一颗更大的、被摧毁的卫星的残骸，所以翻滚得很厉害，在它21天一圈的公转过程中，自转速率和极轴方向都变化莫测，很少重复。这些变化可能始于一场碰撞以及之后与土卫六相互作用而产生的急速摇晃，根本无法预测。如果土卫七上有预报员，他会发现很难预测第二天有多长，或是哪颗星将指向北天极，就像地球上的预报员很难预测飓风的行动一样。

在土星和它的环及卫星组成的冰域之外，在深处更冷的地方，还居住着天王星、海王星和冥王星。

天王星很亮，裸眼可见——但也只是勉强可见——没有望远镜的时代，还没有哪个观测者在一众恒星中注意到它的规律行踪，直到1781年3月13日的晴夜，威廉·赫歇尔在他位于巴斯的住所后面，用他手制的6英寸望远镜绘制星表的时候发现了它。赫歇尔并非一个行星猎手——他的兴趣在于编制全天星表——他发现这个天体不像一颗恒星，它的视直径在和亮度一起增长。[220]他在日志中记录道："在靠近金牛座ζ四分之一度的两个天体中，最下面的那个看起来有意思，它也许是颗云星（Nebulous Star），或者一颗彗星。"[221]四个夜晚

过后，赫歇尔又去看那个天体，确认了它确实在移动，正如我们对一颗彗星所期待的那样，尽管它没有尾巴，而且移动得非常慢——慢到熟悉彗星的查尔斯·梅西叶都惊讶于赫歇尔居然能察觉到它位置的变化。皇家天文学家内维尔·马斯基林在3周后也观测到了它，认为它可能是一颗行星，因为凭他的经验，它“迥异于任何彗星”。约翰·博德检阅了历史观测记录，发现约翰·弗拉姆斯蒂德、约翰·T.迈耶、詹姆斯·布拉得雷等人都曾标记过天王星，但都错误地将它判定为恒星。博德形容它为“迄今尚未知的一颗类似行星的天体，在比土星轨道还远的地方运行”。[222]赫歇尔以业余爱好者身份做出了天文史上的重大发现，奠定了他的声名，推动其进入了职业天文生涯。

海王星和天王星几乎是双胞胎，但距离我们又远了1倍，也因此在天空中显得更小、更暗，它是在半个世纪后，而且是以更现代化的方式被发现的——发现者通过它对天王星轨道的扰动推断出了它的存在。[223]它的发现故事交织着昭昭的智慧与冥冥的勤奋，有时候这两种品质会出现在同一个人身上。

中心人物就是约翰·库奇·亚当斯，彼时他还只是剑桥大学的一名本科生，他立志算出假设的太阳系第八大行星，此前已有数位研究者大致提出它的存在，以解释观测到的天王星运行轨道的一些异常。1843年，亚当斯在他那一届毕业的时候做出了大部分计算，到1845年，他拜访了皇家天文学家乔治·艾里，向其演示了他对这颗理论上存在的“天外”行星的位置的预测。亚当斯认为，英国的观测者利用他的数据，就能够找到这颗新行星，然而艾里犯了方法性的错误。（艾里不间断地强制要求观测者在阴天甚至雨天彻夜观测，还走遍每一座圆顶屋，挨个地喊：“你在工作，对吧？”

英国天文学家帕特里克·摩尔证实了“他有一次花了一天时间在格林威治地下室里给空箱子贴标签，标签上写着‘空箱子’的故事”。[224]）亚当斯第一次来找艾里的时候，艾里出城去了。第二次来的时候，艾里出去办事了。亚当斯留下一张名片，下午的时候折返，却被告知艾里在吃晚餐，而且吃晚餐时从不许任何人打扰。亚当斯留下一封信，艾里在回信中向他的计算提出了技术上的质疑，对他可以找到第八大行星的断言泼了冷水。

与此同时，在法国，奥本—尚—约瑟夫·勒维耶正在做着类似的演算，他是个化学工作者出身的天文学家，聪明绝顶，却出了名地暴躁。（1854年，勒维耶成了巴黎天文台的台长，而后即被解雇，原因就是“易怒”。摩尔记载一个同时代人“对他做了非常刻薄的评价，说他也许不是全法国最值得被厌恶的人，但绝对是最被人厌恶的人”。[225]）勒维耶于1845年发表了他的计算，将这颗推断出的行星推到了

天空中几乎完全精确的位置，和亚当斯做的一样；而亚当斯在艾里那里还是毫无进展。艾里读到这篇论文，被专业的勒维耶的研究成果说服，却忽略了业余爱好者亚当斯做出的几乎完全一样的工作。艾里什么都没对亚当斯说——甚至7月2日两人在剑桥的圣约翰大桥偶遇的时候，好像也没说——艾里组织了一场在亚当斯和勒维耶都提到过的天区搜寻行星的研究。不幸的是，他把这个任务交给了一头老黄牛——詹姆斯·查理士，后者从一丝不苟地绘制高倍率暗星星图开始着手。“我从地上到天上要花很长时间。”查理士沮丧地说，这也是对他龟速的精确形容。[226]

说回法国，1846年8月31日，勒维耶发表了另一篇专题论文，预测这颗推断的行星目前应该在亮星摩羯座δ以东约5度的位置。可能的大发现就在眼前，似乎唾手可得：就如天文学家约翰·赫歇尔在那年夏天发表的信函中写道的，“我们看它［这颗新行星］就如哥伦布从西班牙海滨看美洲大陆。伴随着一种同直观证明类似的确定性，沿着我们分析的深入，它的存在被内心颤抖着的我们感知到了”。[227]但如果“讨人厌”的勒维耶觉得法国天文学家会为他留心看看摩羯座δ以东的位置，那他就错了。勒维耶被他的同胞忽略后，转而将工作交给了德国人，他于9月18日给柏林天文台的约翰·格弗里恩·伽勒去信，央他寻找这颗行星。伽勒和埋头苦干的查理士不一样，他是有星图的——令人惊奇的是，当时很多主流天文台都是没有星图的——他立即启动了工作，并且得到了年轻有热情的学生海因里希·路易斯·达雷斯特的帮助。伽勒在望远镜前报出恒星位置，然后达雷斯特在星图上核对。不过数分钟，他们就发现了星图上没有的一颗8等亮度的天体。第二晚，也就是在1846年9月24日，他们又做了一次观测，确认了它是在移动的。“你说的那个位置上确实有颗行星。”伽勒在给勒维耶的信中写道。[228]今天，为了纪念他们开展计算的先见之明，人们一般将发现海王星的成就归于年轻的亚当斯和有帝王气概的勒维耶，而非首先看到它的伽勒和达雷斯特。

这个故事的后续对世界各地的专业天文学家和业余观星者也是一个警戒。无趣的查理士在伽勒和达雷斯特发现天王星之后的第六天——当时他还对他们的发现一无所知——意外地发现了这颗行星，并且让助手在日志中记下“看起来好像有圆面”。但他当时用的倍率仅有116倍，并且令人难以置信的是，他也没想到要换个倍率更高的目镜来检查一下那个圆面是不是真的，就像威廉·赫歇尔当年发现天王星的那晚一样。在后来的夜晚，查理士也没再继续跟进，没能监测到它在运动，从而失去了独立发现海王星的机会。事后，他将自己的失败归因于自己“认为若要保证成功就得需要长时间的探索”。[229]

研究者们浏览过去的观测日志，发现早年的观测者都曾标记过海王星，却并没有意识到那是颗行星，天王星也一样。苏格兰天文学家约翰·拉蒙特——在德国，即他工作的地方，他被叫作约翰·冯·拉蒙特——在1845年和1846年间，有三个晚上记录下了海王星的位置，却从未从他的观测中梳理出“恒星”在移动的证据。1795年5月，法国的J.J.德·拉朗德有两晚观测到了海王星，并且发现它可能在移动，但却推断这是他第一次绘制星图，难免出错。其实就连伽利略也看到过海王星。1612年12月27日和28日观测木星的时候——就在木星掩海王星一周前，而当时无人目睹这一现象——伽利略在海王星的位置标记了一颗“恒星”。一个月后，他又在一个大概的位置标记出了海王星，靠近室女座的一颗7等星（今天我们叫它SAO 119234），并在第二晚记录下这两个天体“看起来隔得远了”。[230]但他没再继续跟进这个细节。为什么？可能因为满月将至，在月光下用这么小的一架望远镜观测一颗8等亮度的天体是很难的。我们使用望远镜的时候，能否看见某个天体，在某种危险的程度上取决于我们的期望。[231]

用望远镜观测天王星和海王星往往令人失望。尽管它们的确是大行星——它们分别可容纳66个和58个地球——但它们距离太远，大部分地面上的观测者只能看到一点点没有特征的圆面。（要让天王星在望远镜中的大小有如肉眼看月亮，需要500倍的倍率；海王星要750倍。如此高的倍率需要非常稳定的视宁，因为图像要穿过空气，而它们同时也会放大空气的湍流。）这两颗行星都有暗环系统，“旅行者号”拍过照片，而它们掩星的时候，地面望远镜也能观测到暗环系统。

天王星有五颗卫星亮得足以在地球上看到，当中有两颗——天卫四和更靠近内侧的天卫三——是赫歇尔于1787年发现的，那是在他发现天王星6年后。和以前一样，当时赫歇尔在“扫荡”天空，编制星表，这次是用了他的18.2英寸反射镜。他于1月11日写道：

> 我在一次搜索中找到了这颗乔治之星［赫歇尔最早以其赞助人国王乔治三世的名字给天王星命名］；当它过中天时，我观察到在它圆面附近，位于数个直径距离之内，有些非常暗弱的星星，我非常仔细地记录下了它们的位置。第二天，行星又过中天，我目不转睛地寻找着我的小星星们，然后发现当中两颗不见了。当时我对光错觉还不了解，否则应该立刻宣布这颗新行星至少存在一颗或者更多的卫星；但确保万无一失是必要的。最薄的云雾（要不然就觉察不到），往往会遮挡住这些小星星；于是我断定非得要进行一系列观测才能满足我，特别是对这样一种很重要的发现。因此我注意到所有的小星星都在1月的14日、17日、

24日和2月的4日、5日靠近行星；尽管到最后我不再怀疑这颗行星有至少一颗卫星，但我觉得需要暂时推迟这次通信［就是递交给皇家天文学会的报告，这段记录就是从其中摘得的］，直到我有机会看到它产生实际运动。因此我于2月7日开始跟踪这颗行星，从大约晚上6点，一直跟踪到2月8日凌晨3点；此刻，由于我住所的结构挡住了观察黄道的一部分视角，我不得不终止了追踪：在这9个小时里，我看见这颗卫星忠实地追随着它的母星，同时随着时间的推移沿着自己的轨道运动，它本身的轨迹呈现了一个明显的弧形。[232]

赫歇尔的描述展示了一个伟大天文观测者在工作中的特点。首先，他敏锐的观察力让他第一个发现卫星——两个非常暗弱的点淹没在它们母星的光辉之中，这是极难看见的，此后整整10年里都没有哪个天文学家能够看到当中任何一颗。其次，他持之以恒，能够连续五晚反复核查，确认卫星还在原来的位置。最后，尽管他已没什么疑虑了，但他还是在英国的寒冬中花了9小时，实时地跟踪这颗越来越亮的卫星，确认了它随着天王星相对于背景恒星移动，并采用了一个轨道弧度去描述它。任何尝试用望远镜跟踪一个天体的人，无须观测9小时，只要看一小段时间，就会知道这多么累人。在这个过程中，赫歇尔还估算了两颗卫星的轨道周期，得到了天卫四是13.5天，天卫三是8.75天的结果——惊人地接近13.462天和8.709天的准确值。[233]

尽管天王星和海王星看起来是一对孪生行星，但其实两者大相径庭，它们就如金星和地球一样提醒着我们，自然法则和历史偶然事件的共同作用塑造着我们的行星，雕琢着它们的命运。自然法则是复杂的，引力与静电场对构成原始太阳星云的尘埃、冰和气体的混合物施加影响。而历史偶然事件无疑也是复杂的。我们对此还知之甚少，但很清楚的是撞击在其中扮演了重要角色。

天王星的极轴几乎倾斜到98度。[234]它的卫星和它炭黑色的环也是倾斜的，这表明着天王星在形成初期曾被一颗大的小行星撞击过，并且倒向一边，就像一艘泊在沙滩上的西班牙帆船。它的卫星和环都是在撞击发生前就已成形的，由于它的赤道区隆起，它可能会将它们往内侧拉，但不太可能使它们如此精确地和它的赤道面平行。天王星内部产生的热量比海王星、土星和木星都少，所以可能是撞击混合了内部的物质，使它们均质化，因此它们在短时间内放出大量热量，而不是在几十亿年间缓慢放热。当然我们并不能确认这一点。[235]

这狂暴的过往，我们可以在天卫五——天王星的一颗小卫星（直径500千米）身上找到尤其显著的证据，它曾被称作太阳系内观测到的最奇怪的天体。“旅行者号”获得的图像显示天卫五的表面是古老

的、坑坑洼洼的地面，上面杂乱地堆着稍新一些的物质，应该是某种毁灭性灾难的结果。也许天卫五曾被一颗小行星级别的入侵者暴力撞击，成了碎块，但程度较轻，其中有很多块没能达到逃逸速度，因此可以慢慢重新聚集，形成我们今天看到的乱七八糟的模样。

与此相反的是，海王星看起来相对消停一些。它的极轴倾角是28度，自转周期为6小时，是一颗非常普通的类木行星。它的轨道近乎圆形（偏心率只有0.0097），这意味着它从未与另一颗行星亲密接触过，也没有经历过诸如另外一颗恒星穿越太阳系之类的大型混乱事件。它就在太阳系的边隅，沿着一个周期为164.8年的轨道安静地巡游，这和古斯塔夫·霍尔斯特《行星组曲》结束主题中的那种平静飘逸的合唱遥相呼应（如果不是这样的话，这个组曲和物理世界里的行星就完全没有关系了，因为霍尔斯特关心的是占星学和神秘主义，而不是天文学）。

在望远镜中，海王星和天王星一样看不出什么细节，而且更小：它距离我们比海王星要远1.5倍，圆面仅有2.35角秒宽。很多观测者觉得它和它假想的兄弟海王星会非常相像，但当“旅行者2号”于1989年8月25日穿过海王星系统时，传回地球的图片和数据再次告诉我们，无论行星之间彼此多么形似，在探查细节时我们都会发现它们的独特之处。天王星表面缺乏特征，而海王星则显示出像木星和土星那样的带和区，尽管存在着更多的结构以适合更冷的世界。“旅行者号”抵达海王星附近的时候，甚至在上面看到一个大暗斑——一个堪比木星大红斑的反气旋，它漂浮在海王星的南半球，纬度与木星大红斑类似。据推断，创造出这些特征的力量是内核产生的热——是海王星从太阳处获得的热能的2.6倍——这是在天王星中缺失，但在类木行星中通常可见的特征。天王星色彩偏绿，而海王星更蓝：两者颜色都与甲烷气体吸收红光有关，但尚不清楚为何海王星比天王星更蓝。

海王星的冰之卫星海卫一是个有着奇异生动色彩的世界，装点着红色、粉色和蓝灰色斑块。“旅行者号”的科学家断定，它上面存在着氮气喷泉，可以把物质抛射到接近10千米高的地方，然后进入“大气”——海卫一上的空气就是一层由氮和碳氢化合物组成的薄雾——产生的云块掉落在下风处表面（“旅行者号”观测到的海卫一大气，地面上的观测者在海卫一掩星时也能观察到）。人们认为喷泉喷发出的是被困在地表下的液态氮，液态氮往上渗透，密度降低，最后变成膨胀的气体。这样的事情一般并不发生在类木行星的冰卫星上，而是在彗星和柯伊伯带天体上。考虑到海卫一的密度较低，与木星卫星相比更接近彗星，而且是逆行，轨道与海王星赤道的夹角又非常小（21度），它可能根本不是海王星原有的卫星，而是从外太阳系来的、被

海王星捕捉到的旅行者。

这就要说到还没有被任何一个航天器探索过的最后一颗行星——冥王星，如果它也算行星的话。[236]冥王星是1930年由年轻的克莱德·汤博发现的，他曾是从堪萨斯农场走出来的天文爱好者，高中毕业后付不起大学学费，却设法在洛厄尔天文台谋得工作。汤博精于拍摄照片，他被指派搜寻“行星X”，这个行星X的存在已通过天王星和海王星的运动推断出来了。这些推断后来被证明都是错的，但幸运的是汤博更多凭借的是恒心和常识，而非精练的数学：他没有去考虑行星X按照预测应该出现在哪里，用的方法类似于一个醉汉在路灯下找钥匙，因为那里够亮，看得见钥匙。已知的行星都在黄道或黄道附近运行，而行星又都在大冲期间最亮，他干脆就只对黄道上太阳相反方向的天区进行曝光。

黄道上有十三个星座——“黄道十二宫”的“十二星座”再加上蛇夫座，占星师们忽略了蛇夫座，因为他们觉得十三是不好的数字。汤博在为天文台测试望远镜和相机的时候，拍摄了一些双子座内的照片，但当他开始全身心投入搜索的时候，已经是下一轮暗月夜了，双子座在中天以西很远的地方，所以他转而从巨蟹座开始。墨菲定律在冥冥中产生着作用：当时冥王星其实就在双子座内。汤博花了将近1年的时间沿着黄道一点点开垦，每个阴历月要对比30张底片（每张底片都包含数以万计的星点）寻找着可能是一颗行星的缓慢移动的光点。他承认这是一个“折磨人”的工作，但在他这么名副其实地绕了一大圈的同时，也获得了不少经验，拍摄了29000个星系和800颗变星，发现了2颗彗星。

“我是个完美主义者，”汤博回忆道，“我在种南非高粱和蜀黍高粱［家庭农场的主要作物］的时候，田里的庄稼必须排成直线，否则我就难受。只要有疑似行星，无论多么暗弱，我都要再拍一张底片（来检查）——只有是或者不是，没有可能。”[237]当汤博最终发现冥王星的那一天来到的时候——1930年2月18日——他平静地检查了他的工作，然后隐藏了他的兴奋之情，踱到主任的办公室，宣布道：“我找到了你们的行星X。”[238]洛厄尔的天文学家起初并不重视汤博的贡献（他们发送给哈佛的电报里并没有提到他的名字，他们给媒体的通知里强调“与洛厄尔博士对于海王星之外存在另一颗行星的动力学证据所做的工作相结合，搜索项目由洛厄尔博士于1905年启动”，却只有一句话是给“工作助理C.W.汤博”的），但他的辛苦工作最终成就了他的声名：他从项目伊始就拍下了冥王星，后面还要被羞辱成一个最伟大成就完全归功于初学者运气的人。[239]

新闻铺天盖地，洛厄尔天文台被新行星的命名建议淹没——当中

有阿波罗、阿耳忒弥斯、阿特拉斯、巴克斯、克洛诺斯、埃里伯斯、伊戴那、奥西里斯、珀尔修斯、坦塔罗斯、伏尔坎，还有兹马尔。（洛厄尔的遗孀康斯坦斯·洛厄尔偏爱的名字有宙斯、洛厄尔、珀西瓦尔——或者康斯坦斯）。冥王星的名字是英格兰牛津的一个11岁女生维尼夏·伯尼提出的。[240]冥王星的前两个字母是珀西瓦尔·洛厄尔的首字母缩写，这也是很好的寓意。

尽管有时候冥王星的发现被认为是理论学家计算的一次伟大胜利，但是最终促进了搜寻行星X的计算，其实是建立在错误的天王星和海王星的体积及位置的数值上的——而且就算它们是对的，我们现在也知道，冥王星太小，根本无法对它们的轨道产生任何所谓的影响。[241]冥王星的发现并非源自数学家的灵感，而是源自克莱德·汤博的汗水。

反对将冥王星划在行星范畴内的声音，是基于它的小体积、它的倾角、它的偏心轨道，还有它的构成。冥王星直径仅约2300千米，比任何行星都小——比海王星的卫星海卫一（直径2700千米）还小，尽管两者在很多方面相似——比谷神星那样大一点的小行星也大不了多少。冥王星轨道与黄道面呈17度夹角，超过几乎任何一颗行星的2倍，轨道非常扁，在249年的公转周期里，冥王星有20年是在海王星的轨道内侧运行的，已知的八大行星中还没有哪一颗拥有这样的相交轨道。冥王星的密度——在1978年冥卫一被发现之后得以计算出来——更像是属于一颗冰彗星，或是一个柯伊伯带天体，而非行星。冥卫一的体积恰是冥王星的一半，它被冥王星的引力锁定，就像月球之于地球；但不一样的是，冥王星同样是被冥卫一引力锁定的，因此两者永远面对面。（换句话说，冥王星的自转周期6.387天，和冥卫一的公转周期是一样的。）这样的情况与其说属于行星，倒不如说更像是属于一对双小行星系统。冥王星有大气，在相对靠近太阳的位置会蒸腾，但在漫长的、远离海王星的遥远轨道上又会冻结并落回表面——非常像一颗彗星的表现。在我们足够了解太阳系之前，这一类难以定义的、数量越来越多的天体中，冥王星也许可以算作最大、最引人注目的一个例子。小行星带里也有一些天体，它们有着典型的小行星轨道，被归为小行星一类，直到它们开始像冥王星那样表面蒸腾，并萌生出彗星样的彗发或彗尾。对柯伊伯带天体进一步的观测无疑能够帮助我们确定，这条带是否如我们先前所怀疑的那样，是冥王星原来的家园。

有些天文学家断言冥王星并非一颗行星，而是来自柯伊伯带的冰雪使者，这意外地引发了公众的强烈抗议。2000年，翻修后的海登天文馆作为纽约市崭新的罗斯地球与太空中心的一部分重新开放，有报

告说，参观太阳系展览的游客对于发现冥王星被“从行星中移除”表示“困惑”。“通过震撼了上天的一个动作，海登天文馆把冥王星剔出了行星序列。”哥伦比亚广播公司新闻评论员查尔斯·奥斯古德说，并补充说“参观者由此产生失落感”。“冥王星没能晋级。”《新墨西哥圣塔菲报》抱怨道。“有些游客在学校里就学习太阳系有九大行星，冥王星的缺席令人困惑甚至悲伤。”《纽约时报》报道，并引用了当中一位游客——亚特兰大的帕梅拉·柯蒂斯的抱怨，她回忆自己用一句话记忆行星的名字：“My Very Educated Mother Just Served Us Nine Pizzas（我非常有文化的妈妈刚刚给我们上了九个比萨饼）。”句中每个单词的首字母分别代表水星（M）、金星（V）、地球（E）、火星（M）、木星（J）、土星（S）、天王星（U）、海王星（N）、冥王星（P）。“现在我知道我妈刚给我们上了九个——九个‘啥都没’。”

海登天文馆的馆长尼尔·德·格拉斯·泰森认为，应当将太阳系天体分为五大家族——类地行星、小行星带天体、气态巨行星、柯伊伯带天体（冥王星在这个类别里），以及奥尔特云天体——这比仅仅去记住行星名字更具教育意义。“不要数行星，数家族吧，”泰森恳请公众，“这样你才能了解到太阳系的结构。”但是他也预料到了一些必然的痛苦过程。其他科学研究中心的头头们察觉到国际天文学联合会仍将冥王星视为行星。“我们与冥王星站在一起。”丹佛自然和科学博物馆空间科学馆的馆长劳拉·丹利如是说。为汤博作传的彗星猎手戴维·列维说，泰森一定是“活在另一个宇宙里”。[242]

有些人因为不希望克莱德·汤博的声名蒙尘，反对“降格”冥王星，他们也许会为他作为探索柯伊伯带的先驱而被历史铭记而感到欣慰，在那里还有无数不为人知的太阳系天体等待着被发现。将来编录柯伊伯带的观测者可能需要把望远镜的性能用到极限，寻找最暗弱的天体，察觉它们最细微的运动，用完美主义者的精神检查他们的结果，以此来增长人类对于太阳系家族的知识。我认为克莱德会喜欢这个的。正如他晚年所说，“如果可以重新选择我的人生，我也不知道自己会不会做出不同的选择……所有这些光阴，枯燥的光阴——我没有后悔过”。[243]

无论如何，用一个问号来作为我们探索太阳系的终结，是恰当的。在行星领域和彗星领域之间的区域，冥王星作为一个拥有双重身份的旅行者漫游着，让我们在这里暂停一下，往回看去。行星们紧紧围绕在缩小了的太阳周围，地球必须通过一架望远镜才可以看见。光从太阳发出，8分钟后抵达地球，再过4分钟抵达火星，到木星却需要43分钟，到土星需要1小时以上，到天王星要2.5小时，到海王星要4小时。多么广阔的世界供我们去看、去观察，甚至有一天去探索：八

大行星，其中四个是小的岩石行星，四个是气态巨行星，还有观星者数都数不清的卫星——它们当中有地质学意义上死亡的卫星，比如木卫四、土卫五、土卫八、土卫一、天卫四和天卫二；有些卫星则在某些时期还有地质活动，比如土卫四、土卫三、天卫一、天卫三；木卫二和木卫三都在地表下埋藏着咸海；活动着的卫星，比如暴烈的木卫一和冰冷尖啸的海卫一，每颗都有自己独特的过往，但我们只能拾得一些真相的碎片。如果我们能了解的就只有这些了——如果，比方说，我们太阳系被埋藏在一个黑暗的星云之中，只有黑色的天空，没有别的恒星——仅这些就毫无疑问足够满足我们亿万年的好奇心、创造力和探索欲。

　　但这并非全部。围绕着我们的是一个广阔的星系，它在尺度上如此巨大，要把整个太阳系缩小到这句话结尾的那个句点那么大，才能分辨出它的结构。

天文台日志：午夜钟声

火星即将大冲，距离1956年我用我的1.6英寸折射望远镜第一次观测大冲，已有42个地球年。这个想法让我觉得自己有点老了，但大冲也可以检测太阳系周期惊人的准确性，如同一个娴熟的演奏家用左手在钢琴琴键上大幅度掠过，弹奏出一曲行星蓝调。疾风在松林间呼啸，像小提琴手在调音——芭蕉会说这是天籁——星星亮得像将手高高举起的学生的渴求的眼睛。双子星正手拉手西沉，月牙伴在侧。墙上时钟显示11点59分。我打开短波收音机，却听到了莎士比亚《亨利四世》中的经典名句：

福斯塔夫　我们的确听过午夜的钟声，夏禄先生。

夏禄　我们听过，我们听过，我们听过，千真万确，约翰爵士。我们听过。

这是个惊人的巧合，抑或是BBC制作人有意地倒带回去，在太平洋时间的午夜0点整，在广播里播放这个场景。

血红色的火星正从东边最高的树杈中挣脱出来，所以我放了块挡风屏，将望远镜瞄准火星看了看。我的第一个念头是，大冲来临时的火星比其他时候都要清楚很多。空气在蒸腾，风在摇晃望远镜，望远镜还没冷却到最佳状态，但我已经可以看到一些暗色的、高对比度的火星特征。我把望远镜孔径缩小到6英寸，以减小气流扰动的影响，到凌晨1点，火星的画面稳定下来，不过大部分时间看起来还是像煎锅里在黄油中闪着光的番茄蛋卷。但它一直在天空中上升，视野更加清晰，很快地，在不断侵袭的风的间歇中，我就能看到更多东西了。

到了凌晨2点，湿度上升到96%，在逐渐增大的风中平添些许凉意，也扰动着火星的圆面。到了3点，火星西沉到山丘上方的一片雾霭中去了，我却并不觉得失望。这是个美妙痛快的夜晚，火星还会回来的，而且还有别的东西可以看。我把望远镜转向了星星和星系。

第三部分 深海

第十五章 夜空

夜是狂喜。

——歌德

理念之于物体，犹如星座之于星星。

——瓦尔特·本雅明

星辰当然是一直在天上的，它们隐没在太阳的炫目光辉中，却以自己的方式疏离地闪烁着。认识到这一点，并将其根植于内心，才能真正观星。天文爱好者戴维·J.艾彻回忆了自己第一次在望远镜中看到一个球状星团时发生的故事：

> 那晚我带着兴奋踉跄地回去，仿似受邀进入了一个被严密守护的秘密。我没有变。我周围的世界没有变。但我沿街走路的时候或是试鞋子的时候，又或是在超市买苏打水的时候，深刻地感觉到了不同。我从未如此强烈地意识到，远在我们的蓝天之外，有着数量巨大的星星和数也数不清的未知世界。我没法忍住感受到不同。我的脑子里有了整个宇宙。[244]

我在14岁的时候开始正视星星在白天并不会离开这个事实。这个领悟让我养成一些奇怪的习惯。有时候我会试图在大白天找出金星或明亮的天狼星，一般是在休息时间站在学校操场某个特定位置，盯着屋顶一角，在家里我就用望远镜或一卷卫生纸用完后留下来的纸芯筒。这些付出有些时候是有回报的，那就是海蓝色中的一个小白点，它就像灯塔看守人在擦拭他的信号灯一样令人迷乱，提醒着我们只是广袤黑暗中一片明亮绿洲的居民。

在佛罗里达的灿烂阳光下，在最不可能的时间——譬如在摇晃的渔船甲板上收紧鱼线的时候，在一棵椰子树下读书的时候，或是躺在足球场上的时候——我都会仰面去看那钴蓝色的天空，然后想：它们就在那里，等待着我们的目光。

接下来，在日落时分，帷幕将会升起，演出又重新开始了。

夜空星辰之美，很早就感动着我们的祖先，即便那时候天空被认为是闪烁着亮点的二维穹隆或盖子，当我们意识到它的广袤深远和它蕴藉的丰富内涵，它就变得更加夺目。正如画家罗伯特·亨利在他的著作《艺术精神》中所言："一切本无美。而一切都在等待敏锐的、有创造力的心灵，心灵看见一切，由此生出愉悦。美由是诞生。"[245]观星可以很美，它有多追求理性，就能有多美，它可以将我们对美的感知和我们周围更广阔的现实进行多方面的协调。仅凭肉眼你就可以看到月相，看到日月食，看到极光的优雅舞蹈，看到行星的色彩和运行，看到明亮变星的消长，看到少数星云和附近星系的微光，还有星星们——一次可以看到2000多颗。一副双筒望远镜只要有足够的聚光能力，就能让这些可能性成倍增加，而若用天文望远镜，天空就不再有边界。

所以，让我们走出门去看一看吧。[246]我们的指示牌就是星星本身，还有我们用它们编织的图案——星群和星座。星群是看起来像聚集在一起的星星，比如北斗七星和昴星团。星座是把星星连接起来形成的线条画，最早是牧羊人和别的早期观星人为在天空中找到方向而发明的。这些星座的边界在不同的星图上曾经都不一样。今天它们都有了正式的边界，这是由国际天文学联合会定下的，整个天空被划分为88个天区。繁星漫天，哪怕只是蜻蜓点水，在一章里也讲不完，所以这里我们仅讲几个最受欢迎的——然后，在下一章，我们可以求诸望远镜，探索星空更深处的一些地方。要探索它们全部，需要长过一生的时间。

我们的向导是一首小诗：

跟随弧线到大角星，

向那角宿一进发；

然后转向西北，到达轩辕十四，

那是狮子的前足。

以同样的距离前往双子，

那是北河二和北河三发光的地方，

靠近参宿七和五车二，

天狼星就在下方。

这里的“弧线”指的是北斗七星的柄。北斗七星在英格兰被看成犁，中国人视其为指北针，埃及人视其为牛腿，现代欧洲人和古罗马人则将其视为货车或马车，它实际上是大熊座内的一个星群，大部分星群是由从地球视角串联的星点构成，实际上它们相隔甚远，但北斗七星这7颗星中有5颗其实是有着联系的。它们属于一个叫作大熊座移动星团的非常松散的大星团。[247]它直径约30光年，距离太阳仅80光年，是离我们最近的星团。它的距离、它惊人的速度——它正以每秒14千米的速度朝南飞向人马座——都在岁月中推动着北斗七星勺子形状的改变。10万年前，大勺子的勺底更方，勺柄也是直的，像个粗陋的工具；到现在，它变成了类似我们今天使用的金属勺子的形状；而10万年后，它又会有一个带有未来主义色彩的扁平勺底，勺柄在顶端活泼地翘成90度。

还有些别的肉眼可见的星团，譬如巨蟹座内的蜂巢星团、金牛座内的毕星团，还有昴星团，它是金牛座内一个非常壮观的勺子形状的星团，当中有6颗星都肉眼可见，第七颗则可以用来检测视野的清晰度。在清澈黑暗的夜晚，敏锐的观测者可以在昴星团内看到12颗星：在望远镜发明之前，天文学家共在那里标记过14颗星。用视野比大部分天文望远镜大的双筒望远镜来看所有这些星团，都是非常美妙的景象。

天枢和天璇在北斗七星勺底的最末端，被视为指极星，在两颗星中间画一条直线，延长线朝北可经过北极星附近。从双筒望远镜中看北极星，你会看到被称作“订婚戒指”的星群，那是南边一个由7等星和8等星组成的小圈。（当然，基本上所有星星都是在北极星的南方的，因为北极星与北天极的距离只有不到1度。）

从北斗七星勺柄顶端开始数，第二颗星是开阳，它有一颗看起来非常亲密的伴星——辅。这两颗星被古代阿拉伯人称为“马和骑士”，被用来检测士兵的视力，看他们能不能用肉眼分辨——“分开”——二者（大多数现代人可以通过这项测试，但回到眼镜尚不多见的时代，这项测试还是非常有用的）。[248]这一对星并非真正的双星，只是恰巧在视觉上重叠：开阳距地88光年，辅距地81光年。而开阳自己确实

是一对双星，也是第一对被发现的双星。天文学家巴蒂斯塔·里乔利于1650年分开了它，今天任何一个观测者凭借小型望远镜都能观测到。开阳双星当中较暗的那颗其实也是一对双星：这一对靠得太近，望远镜是分不出的，但伴星的轨道运动会导致谱线位置变化，所以可以用光谱测定。

很多恒星都属于双星或三星系统，但只有少数能用肉眼辨别。天琴座ε（织女二）对成年人来说是个很好的视力检测工具，不过大部分青少年也可以轻易分辨它。任何双星，只要在观测者光学工具的极限范围内——无论是望远镜、双筒，还是肉眼——都呈现出朦胧的样子，因此常被误认为是星云。约翰·赫维留的肉眼视力可够好的了，他经常可以不用身边的望远镜，但就连他也曾被蒙蔽，将一对位于天权星（大熊座δ）东北方1.5度的双星标记成了星云。大角度的双星用双筒望远镜看极美，比如天鹅座内辇道增七的两颗星是鲜明的黄色和蓝色。

在欧洲和北美所在的纬度，大熊座在拱极区，就是说它不会落下——古希腊航海家用谚语“大熊从不洗澡”来记忆这个现象（天文学家小罗伯特·伯纳姆把大熊座称为“北极熊”）。[249]这就要说起古老的“球面天文学”，它把天空想成一个地球居中的球体，用不同的点和线来绘制天图。天空中指向地球极轴的两点被指定为北天极点和南天极点，因此天极点在你所在地区的地平线上的高度角就是你的纬度——你的纬度又决定了哪些星座是在拱极区。在南极和北极，所有星座都在拱极区——你在北极天空中看到的星星永远不会落下，你看不到的星星也永远不会升起——而赤道上则是所有的星星都会落下和升起。

天球上等同于纬度的是赤纬——以度为单位，从北天极的90度到赤道的0度——天球上等同于经度的则是赤经。赤经线是从一个极点延伸到另一个极点的直线，以小时为单位，绕天一周为24小时。地球极轴的摆动叫作岁差，岁差缓慢地改变着恒星的坐标系，所以星图一般每50年就会有更新，使它们在目前的历元里保持精确。天球上的任何天体都可以用历元加上两个坐标来定位。比如大角星的坐标，就是“R.A 14h 15m 43.7s，Dec.＋10°10′25″，历元2000”，即大角星位于赤经14时15分43.7秒，赤纬10度10角分25角秒——在牧夫座内。电脑越来越多地担负起处理这些数字的任务：你告诉电脑想看什么，它就会在坐标中寻找，然后把望远镜转向相应的方位。但我给我望远镜那简陋的装置加上了电脑控制系统之后，还是保留了老式的“瞄准圈”，那是两个大的铜盘，上面刻着赤经和赤纬的标记，这只是一种怀旧。

地球在轨道内的运行，让太阳看起来像是以每天不超过1度的速度在黄道上向东移动。结果就是星座不停向西奔去，每晚都比前一晚升起得早一些，直到跌入太阳怀中，继而又重新出现在黎明前的天空。因此星座是与季节相关的。在北半球的冬夜，猎户座最显著。春季，狮子座取代猎户，后者几乎消失在太阳光中。夏季夜空的主角是“夏季大三角”的三颗亮星——织女星、牛郎星和天津四。同时，猎户座从太阳后面重新冒头。我在小时候，总想用我的小望远镜看到新东西，我常常在黎明前就起床，预览那些数月不会在夜晚出现的星座。这就像时间旅行，直到现在，黎明前那澄澈的天空总还是能带给我当初的感觉。

黄道与天赤道的两个交点被标记为春分点（约定为赤经0时）和秋分点（赤经12时）。当太阳经过这两个点——大约发生在3月21日和9月22日，会因闰年之类的原因有些小的误差——北半球的春天和秋天就开始了。两点间的中间点是夏至和冬至，那是在太阳——当然还有黄道——偏离天赤道的时候。这些就是我们当下所需要掌握的天文时间了。

让我们开始旅行吧。

跟随弧线到大角星……

从北斗七星的勺底一直延伸到勺把的曲线，再向外延伸约30度，就到了明亮的橘色恒星——大角星。它的内禀亮度（大角星的直径是太阳的23倍，光度是太阳的100倍）和它的距离（距地仅37光年）让它成为全天第四亮星。这是第一颗用望远镜在白天见到的恒星——是法国天文学家让—巴蒂斯特·莫兰于1635年见到的。不过它的灿烂非常短暂，因为它是一颗高速星。200万年前它还在仙王座内，距地800光年，非常暗弱（6.7等），从那时到今天，它日夜兼程，将来会撤到船帆座内，一直暗到肉眼再次看不见它。

向那角宿一进发……

同一条弧线再延伸30度，就到了角宿一，这是室女座内靠近黄道线的一颗1等星。角宿一和大角星一样，是一颗大质量恒星，本身非常明亮——光度超过太阳的2000倍——但角宿一是蓝白色，而大角星是橘色。恒星的颜色显示着恒星表面的温度，我们因此可以得知它的体积和质量。大质量恒星燃烧炽烈，颜色偏向于光谱中能量较高的蓝白色那一端。但当它们的核燃料开始耗尽，它们的外层便膨胀开来，温度降低，从橘色变成红色，就如白热的铁从熔炉里拿出冷却。天文学家把蓝白恒星称作“年轻”恒星，而把红巨星称作演化到“老年”的恒

星，但这种说法容易引起误解。大质量恒星消耗极快，很早就消亡：它们可能在只有1000万年历史的时候就变成红巨星，而一颗像太阳那样的中等质量恒星，要经历100亿年才会变成一颗红巨星。

天文学家以光谱类型为恒星分类。最早的划分系统是哈佛开发出来的，它将恒星以光谱的“复杂程度”归类，简单地按字母顺序排列，但当大家发现以颜色为基础的排列更具天体物理学意义时，字母顺序就乱了。光谱序列沿用至今，从炽热的蓝白恒星，到较冷的红色恒星，依次是O、B、A、F、G、K、M——数代科学家都用一些顺口溜来记忆这个顺序，比如“O，Be A Fine Girl，Kiss Me！”（哦，做个好姑娘，吻我！），还有“Oh Boy，An F Grade Kills Me！”（哦，天哪，成绩F真是要命！）。角宿一是B型星；牛郎星和织女星都是A型星；北极星是F型；太阳则属于位居中间的G型；大角星是K型；我们稍后要认识的参宿四，则是一颗M型红巨星。[250]

然后转向西北，到达轩辕十四，

那是狮子的前足。

轩辕十四——亮度1.4等，距地77.5光年——是狮子座最亮的一颗星。它的名字是“小王”的意思，指的是兽中之王。它的光谱类型为B，直径是太阳的3.5倍。轩辕十四是一个三合星系统中的成员，它有一颗橘红色伴星，用小型望远镜轻易可见——距离轩辕十四超过8角分——这颗伴星自己又有一颗暗弱的（13等）矮星，位于2.6角秒之外，在伴星明亮光辉的干扰下很难看清。在这片区域还能看到第四颗星，据推测它也属于轩辕十四系统，编目为轩辕十四D，但这很明显只是个视觉上的巧合。狮子座是黄道星座，所以轩辕十四偶尔会被月球甚至是一些行星掩食。1959年7月7日有一次金星掩轩辕十四，这是非常罕见的现象，我想在基比斯坎观测，可惜轩辕十四在掩星还没开始的时候就下去了。

在轩辕十四以西5度的地方，我们有时候能用肉眼看到变星狮子座R，它以平均天数为310天的周期变化亮度。大部分时间里，狮子座R在6等到10等之间，望远镜可见，但它在亮度峰值的时候可以达到5等，亮到不用望远镜也能看到。它被归为刍藁变星——以鲸鱼座的刍藁增二（Mira，在拉丁语中意为“美妙的”）命名。古代人就已经注意到了刍藁增二，他们发现它每隔大约100天就会达到肉眼可见的亮度，有时候会蹿到2.5等，然后变暗到消失月余。刍藁变星是一种脉动变星，质量中等，处于演化阶段的晚期，状态不很稳定。变星还有很多其他类型，当中有活动剧烈的“耀”星和“激”变星。变星大多肉眼可见，包括参宿四——在6年多的周期中，它可以变得像毕宿五（亮

度大约为0.9等，也是个变星）一样暗，或是像参宿七（亮度为0.1等）一样亮。造父一（造父变星以它的名字命名）的亮度可在不到一周内从3.5等变化到4.4等。另一颗造父变星井宿七的亮度在10天内可从3.6等变化到4.2等。

食双星有点像脉动变星，但其实两者迥异。双星系统的两颗星恰好与我们齐平，故而一颗恒星周期性地从另一颗面前经过，改变着它们的视亮度。典型的食变星有英仙座的大陵五（“魔鬼星”）。大陵五是个三星系统，但导致它亮度变化的交食行为实际上只有两颗恒星参与，其中一颗是蓝色的，另一颗是红巨星，两者的亮度都超过太阳。尽管大陵五距地仅93光年，然而这两颗星相距太近，最大的望远镜也没法分清它们。它们可能构成了所谓的相接双星系统，彼此靠得太近，其中一颗从另一颗身上不断剥夺物质。光变曲线和光谱信息揭示了大陵五的成员恒星的类型和速度，大陵五的模型从而逐渐被人们接受。这揭示着这两颗恒星的轨道面会从侧面倾斜一点，因此当暗的那颗星运行到亮的那颗星背后时，圆面会被遮挡绝大部分，两颗恒星中较暗的那颗从它的兄弟恒星面前穿过时，兄弟恒星会变暗。所以当暗弱的那颗星被食的时候，在亮度上会出现非常微小的动荡；当亮星被食的时候，则会出现比较大的动荡，视亮度每2.87天会从2.1等跌到3.4等。

我们目前讨论到的所有星座——大熊座、牧夫座、室女座，还有狮子座——都有很多星系。这些遥远的恒星岛屿当中，位于狮子座的M65和M66亮到可以用双筒望远镜观看。这部分天区有如此多的星系，原因在于我们是从自己的星系盘中抬头往上看。当我们转而沿着银道面看时，我们自己星系的巨大的气体尘埃云会在可见光波段阻挡我们的视线，使我们看不到遥远的星系。我们的下一步就是靠近银河。

以同样的距离前往双子，

那是北河二和北河三发光的地方……

沿着黄道向西移动37度，就到了北河二和北河三，这对双子星是双子座的两个头，它们将我们带到了银河边缘恒星丛生的地方。因此我们用肉眼就可以看到很多细节，用双筒望远镜更佳。在双子座内扫视群星，我们可以认出几个珠宝盒一般的疏散星团——比如靠近北河三左脚的M35，后面还有更多。

靠近参宿七和五车二，

天狼星就在下方。

最后的50度跳跃将我们带到猎户座和它的狗——大犬座，这是在银河中星星富集的地方。猎户座深受众多观星者的喜爱，这是很容易理解的。第一，它看起来确实像个猎手。你可以很明显地看出他那宽阔的肩膀、挥舞大棒的右手、向前持盾的左手（他看起来像在与凶悍的敌人——金牛座的大公牛对峙），还有他奔跑的双腿、炫目的腰带，以及悬在腰间的宝剑。星星们并非自己排列组合成火柴人的形状供我们消遣，许多星座的模样只是和自己的名字稍微沾点边。（蛇夫座到底是持蛇的人，还是垃圾筒？室女座到底是室女，还是驳船？）但还是有一些星座栩栩如生，比如天蝎座、天鹅座，还有小小的海豚座，它们能让哪怕是第一次观星的人都愉悦地喊出“我能看见！”，而猎户则是它们当中最夺目的一个。

无论是作为一个神话形象，还是作为农民和航海家的季节指引，猎户都非常受大众欢迎，他们就算对其他星座知之甚少，也得知道猎户座。古埃及人将猎户看作地狱之神奥西里斯，银河就是地狱的河流，他驾着小船溯流而下。詹姆士国王本《旧约》中，上帝富有诗意地问约伯：“你能系住昴星的结吗？能解开参星的带吗？”维吉尔、普林尼和贺拉斯都曾警告说，猎户座在夜空中出现的时间与冬季风暴的开始相一致，这段时间正是赫西俄德所警告的“风与雷鸣声搏击……阴沉的大海藏在乌云之下”。[251]他们知道自己在说什么：我写下这段话的时候，正是在1月的一个下午，猎户行至最高处的时节，隆隆的雷鸣摇晃着窗玻璃，旧金山湾铅灰色的表面被风雨搅打出了白沫。

猎户座的两颗最亮星，代表着两种对比强烈的颜色。参宿七是一颗蓝白色超巨星，它如同一盏航标灯，位于猎户脚上。参宿四是猎户肩膀上的宝石红色的灯，也是猎户座第二亮星。它是一颗脉动红巨星，其气体绵延如此之广，如果你将它放在太阳的位置，它可以将木星轨道纳入怀中。“Betelgeuse”（参宿四的西文名）来自阿拉伯语，起源有争议，已不可考，它在英语中形成了三种发音，其中一种是孩子们会喜欢的，即“beetle-juice”（“甲虫汁”）。

恒星在天空中的亮度（目视星等），并非其本身亮度（绝对星等）的可靠依据。参宿七和参宿四尽管目视星等近似，但参宿七距地是参宿四的2倍远。天狼星是地球上夜空中最亮的恒星，因其无双的视亮度，成为大犬座的荣光——大犬座是猎户的两只猎狗中较大的那只。“Sirius”（天狼星的西文名）一词显然来自希腊语“灼热”，它有如此高的视亮度，不仅因为它本身很明亮（它的光度是太阳的23倍），还因为它距离地球仅8.6光年。

同理，组成一个星座的恒星在三维空间内并非一定是彼此接近的。天鹅座翅膀前端那几颗排列参差的星星，都在距离地球200光年以内的地方。而位于天鹅座眼睛处的著名双星辇道增七，距地却有386光年；天鹅心脏部位的亮星天津一，则在1500光年以外；宝相庄严的天津四是天鹅座的最亮星，其距离是天津一的2倍。而大多数猎户座内的星，都是位置相近的邻居，因为它们都位于银河系内和我们临近的旋臂里。银河系是一个非常典型的大型旋涡星系，由几千亿颗星星和大量气体尘埃云构成。[252]大多数恒星和几乎所有的气体尘埃云都位于星系盘上。星系盘非常宽广——宽度超过80000光年——厚度却只有几百光年。在它中央是个凸起的“核球”，顾名思义，主要由老年的红色和黄色恒星构成（拆下一个悠悠球，将它的轴穿过一张老黑胶唱片中间的洞：这个悠悠球就是银河系中间的核球，黑胶唱片就是星系盘）。银河系旋臂内有巨大的恒星诞生区，被大量年轻的蓝白巨星和超巨星点亮，这些都是在宇宙历史进程中刚刚形成的，还没有正式开始它们放纵的一生，然后爆炸。

观测其他旋涡星系的时候，我们都可以很清晰地看到它们的旋臂，但却很难去描绘我们自己星系的旋臂，因为我们就居住在囊括着它们的星系盘内。这就好像我们在一座由被装点的圣诞树组成的森林里，这些圣诞树大部分都是螺旋结构，点缀着非常亮的灯。要从每棵树身上了解整座森林的工作，一度得益于射电和近红外波段观测的帮助，因为它们能穿透中间的云。结果图揭示了太阳系在银河系从中间到外层发光盘边缘大约三分之二的位置，靠近两个旋臂中间的一个小凸起。内侧旋臂最靠近我们，它在我们与银河系中心的中间，被称为人马臂；我们在接下来的旅程中会造访它。现在我们离开星系中央，朝着反方向看向猎户臂。

猎户臂内侧距地1500光年，到处是明亮的新星点亮的区域。只需10多分钟的曝光——我自己小时候用一个铅管做的电动马达装置就这么做过几次——就能看到这个星座内部发光的云中纠缠的新星。肉眼可以看见它们当中最明亮的一个小斑块，那是悬在猎户腰带上的剑鞘中央的一个发光团——著名的猎户星云。它其实是一个泡——这个区域里，气体被当中新诞生的恒星发出的光电离——一个大型气体尘埃云中的泡。用双筒望远镜就能看见新生的恒星在星云中纠缠，像罐中的萤火虫一样，把整个星云都点亮了。它们当中的猎户θ，是一个很容易分辨的聚星系统。

如果我们能加速一段时间，让百万年以几分钟的速度过去，我们就会发现，像猎户星云这样明亮的泡，只在诞生一批批新星的时候会短暂地暴发，然后就平息下来，其余大多数时间都和整个旋臂里其他

大多数尘埃和气体一样，持续地暗着。这些巨大黑暗的云有很多都是弧形，像搁浅后被剥蚀的鲸的肋骨，新手观测者第一眼并不能看真切，你会觉得星星中间的裂隙是空的；但一旦你知道自己寻找的是什么，它们就变得异常明显。[253]长而暗的藤蔓蜿蜒通过猎户，明显地沿着剑鞘上行，直到右肩，从那里再往上延伸，经过玫瑰星云。玫瑰星云也是个壮观的恒星诞生“泡”，位于参宿四以东，在麒麟座内。

爱德华·埃默森·巴纳德专攻暗星云，我们前面就已讲过他犀利的火星观测和发现木卫五的故事。E.E.巴纳德是少见的自学成才的天文学家，1857年，他出生于田纳西的纳什维尔，自幼家境贫寒。他的寡母靠制蜡花养育她的两个孩子，整个家庭常常挨饿。内战期间，当装有供给的蒸汽船在抵达被包围的城市之前沉入坎伯兰河的时候，巴纳德会想方设法下河打捞一盒子饼干，把它摆上餐桌当晚餐。用他自己的话说，他的童年有“太多悲伤和苦楚，每每想起必要颤抖。”[254]为了“减轻这种悲伤”，他解释说，自己会在温暖的夜晚仰面躺在饱经风霜的货车车厢顶上，观察星星。鲜有人能以这种完美的无知凝视夜空。巴纳德太穷，买不起书，在他的青少年时代只上过2个月的学，对天文一无所知。他将夏夜头顶的一颗明亮的星星当作朋友，却没人告诉它那就是织女星。他回忆起那些不知道名字的星星，然后“很快发现当中有些相对于其他星星是在变换位置的，但我却不知道它们是行星”。[255]

快9岁的时候，巴纳德在席卷全城的霍乱中幸存下来，然后被送到纳什维尔的范·斯塔沃伦的摄影画廊打工。在他那时候的一张照片里，我们能看到一个俊秀的男孩，他有着固执忧郁的唇角，大大的眼睛里却充满希望。一年后的另一张照片中，唇角依旧，而目光中的希望却在干涸。他的工作是以曲柄转动一系列转轮，使一个巨大的、安装在屋顶的相机——名字叫“朱庇特”——一直对准太阳，摄影师用日光在底片上成像。其他孩子做这种枯燥的工作时都很敷衍，要么就是睡着了，要么就是让太阳跑了。但巴纳德却发现太阳有时候会在中午抵达天空最高点——他以附近圣玛丽教堂的大钟做参照——其他时间却是在中午之前或中午之后，巴纳德为此深深着迷：“这种差距总计可以相差近1小时。这让我开始思索并寻找答案。”[256]数年后他才了解到，他当年观察到的现象叫作“均时差”，是当地时间与太阳时随季节变化而变化的误差。男孩在夜晚往家走的路上，和一颗“会动”的黄色星星成为朋友，那时候也没人告诉他那就是“土星”。

巴纳德在工作室里待了17年。在那里他积攒了光学知识，最终也想办法用手头现有的材料组装了一架望远镜。镜身来自一架旧的船用望远镜，目镜来自一台坏掉的显微镜，三脚架则曾是一个勘测员的设

备。他将它对准夜空，一次就是数小时，尤其热衷于研究木星。他在天文学上的无知，终结于一个穷朋友借走2美元，然后留下一本书作为担保的那一天，巴纳德心里很清楚钱不会再还回来了。“我非常生气，因为2美元对于那时候的我来说是一笔巨款了，而且那段时间我根本不会打开那本书。”他回忆道。[257]但当他最终打开那本书，他惊讶地发现那本书是关于天文的。他开心地盯着自己的发现——这是托马斯·迪克的《天上的恒星》，里面有一系列星图，巴纳德一见到就拿去对比“我从自己窗外看到的星空，不到1小时就知道了我那些老朋友的名字；那里有织女星、天鹅座十字里的星星、牛郎星，还有其他我从小就熟悉的星星。这是我第一次向天文投以智慧的一瞥”。[258]

巴纳德不停地观测着，发现了一些彗星，又广泛地阅读着，还找了一个数学老师，然后从范德比尔特大学毕业，拿到了数学文凭，并在那里教书。利克天文台的圆顶屋还没修好的时候，他就跑过去宣布他辞去了教职并卖掉了房子，只要能让他观测，他愿意北上。就这样，他被利克雇用了。在利克，以及后来在叶凯士天文台，他那敏锐的眼睛、超凡的工作热情——同事说从没见过他睡觉——和摄影知识都得到了很好的发挥。职业生涯结束前，他发表了超过900篇论文，辨别出了木星卫星上的无数细节，这些细节直到100年后“旅行者号”造访这颗大行星时才被确认。他注意到了“巴纳德星”在天空中独特的快速“自行”，还发现了“巴纳德星系”，找出了349个暗星云。他的照片——因为是原始底片，所以也是他手工粘贴的——收录在他精致的《银河系部分区域星图》中，这本书发行于1927年。

巴纳德以为那些黑色的斑块和沟壑是星星中间的空隙，我们可以透过这些空隙看见更远处太空的黑暗。这也曾是威廉·赫歇尔的观点，他叫它们“大空洞或是空缺”，是星星朝高引力的区域聚集时形成的（而他的观点似乎又是来自詹姆斯·弗格森的理论，这个曾经的牧羊人的著作《基于艾萨克·牛顿爵士原理的天文学》第一次将赫歇尔带入了星空的世界）。这其实并不能算是一个合理的假说——如果是“空洞”，那应该是很长很细的通道，或是深深的裂隙，而这些“空洞”的方向又恰好都朝向地球——尽管巴纳德是个糟糕的理论家，但这个高大的、留着海象胡子的乐天男人（不过工作时常为忧伤所扰）始终是个优秀的观测者，有人说他是继赫歇尔以来最好的观测者。

巴纳德的名字如今成为那些以在恒星中间寻找黑暗河流为乐的人的代名词，以人类的时间尺度衡量，这些河流仿佛是冻结的，但他们认为其实它们都是翻滚搅动的云，像山中的风暴一样变化着。辨别出暗星云就像在黑暗的客房中摸索开关。眼睛要学着捕捉它们，这就像在落叶覆盖的森林地被中寻找鸡油菌的微光。但收获是丰富的。巨大

的暗星云肉眼可见——有些观测者会用黑色兜帽把头蒙起来，然后用可以阻隔非星云的光的滤镜去看，这个装扮让他们看起来像冷酷的、戴着单片眼镜的死神——小一点的暗星云则可以用双筒望远镜或天文望远镜探查到。由于银河系暗的地方比亮的地方多，对暗星云的观察有助于了解星系结构。

最大的暗星云被称作大暗隙，它是一片漆黑的群岛，像一根刺一样将发光的银河分裂开来，从天鹅座和天鹰座南端插入人马座。在人马座我们可以直接看到星系的中心和大暗隙，大暗隙如河流入海般涌动，遮挡了中心的大部分核球。

隐约可见的核球向两端凸起——它在大暗隙后面，距地28000光年——前面的巴纳德黑烟囱和花环的弧线在星系盘前面和下面，像碎裂的浪花。大暗隙是北半球夏季的美丽景观，而中央核球宜于在南半球看，因为它在天顶。

早在摄影技术继任之前，银河的繁复之美就吸引了一众观星者作图绘出用肉眼观看它的样子。在德国亚琛，为了更好地看清最暗的天体，爱德华·海斯用一根1英尺长、1英尺宽的涂黑的管子看银河，用铅笔呕心沥血地画图。荷兰天文学家安东尼·潘涅库克画出的银河长图细节精致，他用了一种非常精巧的方法，在夜晚口述出星云的位置和亮度，然后在第二天早晨靠他的笔记和记忆画图。他于1926年画的天蝎人马区域，在精度上可与现代摄影作品媲美，而那些发光的恒星云和暗尘带，却是在望远镜的狭窄视场中难以一睹芳容的。

用双筒望远镜可以看到人马座内丰饶的星星和星云。那是星星组成的浅滩，和西北方向几度以外的3等星人马座γ一样亮。那里就是银心的方向，绵延甚远，超出了星座的范围。众多发光的星云中，有非常优雅的天鹅星云，还有在双筒中可以同时看到的礁瑚星云和三叶星云，以及聚在一起的疏散星云M23、M24、M25和M16，它们穿过了相邻的巨蛇座的边界。巴纳德于1913年解释道，这些星云“细节精妙，你很难去描述这些美丽的星星聚集之处。它们就像夏日午后翻涌的云”。[259]

一个人在一生中的某些时刻总会有种感觉，有什么东西深藏在外部可见的现实的背后。不论这是否是心理层面的东西，在夜空中这确实是真的。下面让我们回到望远镜后面，继续向深处进发。

数字宇宙：虚拟访问程控望远镜

阴雨天气已绵延17天，我已然开始怀念月球的暗面，天文台里我桌子上放的观测列表已经开始积灰，于是我上网查找所在地天气条件良好的望远镜的观测时间。2001年，这还是个不太靠谱的游戏。很多网站开始提供程控望远镜远程观测服务——当中有凯斯西储大学的拿骚站望远镜，艾奥瓦州程控望远镜设备，还有路易斯安那州巴吞鲁日的高原路公园天文台——这些网站都还在建，有些充斥着噩梦般的软件错误和硬件故障，使得任务不得不暂停。还有一些，比如全球望远镜网络和自动望远镜网络，都还在计划阶段。有些仅有“概念”，还有几个干脆从网上消失了。我找到两个还在运行的，一个在英国，一个在加利福尼亚州，我给它们各发了一封邮件，请求为我正在研究的一对互相作用的星系——NGC 7805和Arp 112进行10分钟的无滤镜CCD曝光。我没有去过天文台，也不知道应该怎么拍摄。基于天气条件和其他观测者同时提出的请求，电脑将做出决定。

从伽利略开始，天文学家就用望远镜做观测。大型望远镜建在遥远的山顶，这往往意味着数千公里的朝圣之旅。在上面观测者又得忍受稀薄的空气，担忧坏天气和技术故障，遂把任务交给“夜间助手”，也就是一个驻站的技术员。这个技术员对望远镜的性能和弱点都比较熟悉，不仅帮助观测者得到最佳结果，也要保护仪器免于受到损害。但是到现场的天文学家即便不会去操作望远镜，也是驻站或直接参与的。

电脑技术发展之后，事情就发生了变化。配备自动导星装置的CCD摄影设备取代了相机和胶片，观测者无须乘观测笼升到高高的望远镜镜身上去。

他们转而可以到那温暖舒适的控制室去，望远镜由电脑操纵瞄准和曝光。在海拔极高的天文台，比如夏威夷冒纳凯阿山顶的那些，这些设备却是被放置于山顶以下数千英尺的地方，避免了观测者因氧气不足造成的虚弱和潜在的危险。观测者只需在电脑屏幕上就能看到所需要的一切，只有几晚需要助手留守在山顶。同时，哈勃和别的空间望远镜就是在全自动模式下运行的，无须人工接触，除了偶尔需要航天飞机上的宇航员进行一些维修和升级。由于拥有可以应用到别的领域的先进软硬件系统，一些全程

控望远镜就直接建立在山顶的天文台。它们被设计成可以在没有直接人为联络的情况下工作数周或数月，通过网络接受指令，并传回结果。越来越多的观测者免去了天文朝圣的费用和辛苦，开始依赖于他们从来没见过的望远镜。

2000年夏，我去利物浦默西河对面的伯肯黑德拜访了一个小的程控望远镜制造厂，总经理迈克尔·戴利带我参观。崭新整饬的设备静坐于海风中的开阔场地，海鸥在天空中以8字形慵懒地滑翔。戴利解释说，这是一家非营利性企业，由当地一所大学赞助建成。英国政府和欧盟也以另一种方式资助了他们——通过一个旨在经济低迷领域发展高科技岗位的项目，为欧洲的科学家提供大型望远镜，却不从日本和美国进口。

我们站在一个铺着地毯的房间门口往里看，技术员们坐在计算机辅助设计终端前，正为四台2米级程控望远镜的第一次运行的数字蓝图做最后的修整。我们又进入车间，在那里可以大概看出望远镜在建造的不同阶段的形态。每台望远镜都有大型的钢骨架，两层楼高，坐在水泥墩上。其中一台将安置在加那利群岛，一台在印度。另两台将去往夏威夷和澳大利亚，这两台都属于英国的一个项目，旨在使科学专业学生能够运行自己的天文台。"孩子们一开始都很痴迷于科学，"若干天前在曼彻斯特，保罗·默丁这么对我说，他是策划学生项目的一名天文学家，"但到十几岁的时候兴趣就逐渐变淡。当中一定有什么变化——也许是青春期的缘故吧。我们在试图让他们多接触真正的科学，保持他们的兴趣。"

戴利拍了拍其中一台望远镜的镜身，在充斥着回音的厂房里提高了他的声音。"一旦这一台望远镜安置好并开始运行，每晚它都会自行测试，查询天气状况，决定是否可以安全打开圆顶，然后查看自己的工作荷载，依据天气情况和效率选择当晚要做的事情，这样就避免整晚不必要地对着全天扫来扫去。我们希望做决定的是望远镜而不是天文学家。然后，一旦你把天文学家都移开了，你会问：'这些工程师在这里做什么呢，上山的路上又冷又黑，到望远镜那里要走好几百米呢。'要把他们也移开，设计就得从里到外地可靠；但一旦人们离开了，设备就可以变小、变得简单，运作的成本也就下降了。"

伴随着齿轮交错的有序的声音，一个横摆马达运转起来，其中一个巨大的钢骨架移动了几度。"每台望远镜都有24吨重，造价为200万到250万英镑，"戴利在嘈杂声中向我喊道，"它们的轴承是液体静压含油轴承，用的是无刷直流电机。每台望远镜都由

14台电脑运转。目的是让需要电脑的地方都有电脑，这样就避免了大量的线束，而线束是故障的来源。我们使用闭环冷却系统和极可靠的设备。望远镜可以自己做恒星测试，判断视宁环境，还能自动校准光学系统。”

我抬头看看屋顶。屋顶是有百叶窗的，有点像一个特大号业余天文台的升降屋顶，这样望远镜建成后就可以用星星做测试了。

“我们首先要把望远镜当成一部机器来测，不用镜子，”戴利说，“然后，一旦测试通过，我们就装上镜子，卷起百叶窗，表示它将以望远镜的形式运行。我希望有一天晚上我们可以邀请公众来，一次性运行四台望远镜。一些专业天文学家可能会瞧不起这样的展示，但他们会记住它的。”

对于专业天文学家来说，自动观测有着明显的优势。夜间助手也喜欢它，因为它能让天文学家不再来烦他们。夜间助手们无须再讲述著名天文学家把望远镜撞上梯子，撞坏他们正在调试的设备，或是把目镜（有一次是一块花生酱果酱三明治）

掉到主镜上之类的邪恶故事，而可以放松下来，看望远镜自己运行——直到他们自己也被解雇。天文学家则可以待在家里，写写论文，晚上睡觉，与此同时他们的天文台在帮他们工作。行政人员也喜爱这种财政上的成本降低，所有人都从增长的效率中获得好处。早些时候，一个天文学家要拍摄深空中星系际云的高色散光谱，一旦月亮升起，天空太亮，就不能再继续，这一晚就结束了。一个恒星光谱学家倒是可以在有月光的时间里工作，但是如果他不在，这台望远镜就得闲置。关于实测天文学，有这么一个不可告人的小秘密：很多非常好的望远镜，尤其是中型的，它们的观测时间常常被浪费，原因仅仅是资金无法持续供给，把正确的观测者投放在正确的时间。程控望远镜就没有这个问题了，因为搜集数据的时候观测者并不需要在场。

程控给了业余爱好者使用更多望远镜的途径，而且这些望远镜比他们家中拥有的更大——包括一些正在使用的专业望远镜。业余爱好者若渴望拍一张耀星或土星上一个新斑点的照片，不必求助于热心的爱好者或是专业天文学家，只需向程控天文台——或者是很快就会出现在若干天文台的专门管理观测时间的审核单元——发送一封邮件，就能执行任务了。作为回报，业余爱好者也可以把自己的程控望远镜的观测时间贡献给一些需要较多小型望远镜，而不是少量大型望远镜的项目使用。一种更新、更高效

的观测手段正在兴起——当然少了点浪漫。

程控望远镜在网上出现，观测时间也成为一种互联网商品，将遥远深空带给了曾买过望远镜并将它拖到很远的暗夜区的东京办公室职员，或是印度乡下根本连望远镜都没得买的学生。未开发的脑力是人类的伟大财产，未来的发现可能都出自那些从未见过大型望远镜的观测者，他们的天文设备也许仅仅是一台电脑、一个调制解调器和灵活的、受过训练的头脑。

提交请求后的数天，一张星系照片出现在我的邮箱里，它来自两台望远镜中的一台，那是加州大学圣塔芭芭拉分校负责运行的一台现有的14英寸施密特—卡塞格林望远镜。我将这张照片整理干净，找寻我正在找寻的东西，看有没有年轻恒星在这星系际的桥梁中间发光。

这真是一种轻松愉快的观测方式——只是和去星空下亲力亲为相比，总归少了点气氛。

第十六章
银河

那是一条宽广的大道，尘土是黄金，

路面是星辰，就像你所看见的

出现在银河系里的星星一样，

你每夜见到的银河犹如一条环带，

上面撒满了点点繁星。

——弥尔顿

为什么我会觉得孤寂呢？我们这颗行星不就在银河上吗？

——梭罗

1980年，智利安第斯山脉高地，午夜。高高的山脊线沐浴在从太平洋吹来的澄澈稳定的空气中，这里有世界上最美的景观。三座大天文台沿山脊而建，一个挨着一个，像古罗马人的烽火台。我正在使用三座天文台中最北边那座最小的，以低倍率扫视银河，看着那些星团和星云。一般来说，视觉观测者的观测都比较有条理，将望远镜瞄准特定目标，然后研究它们；但有时候我们只是扫视，像哈克贝利·费恩乘木筏随波逐流一样漫无目的。而在地球上仰望天空，最汹涌的河流莫过于南天银河，今夜它的弧线横贯天顶，在深黑色星空中发出灿烂光辉。

我从天鹰座开始，漫步南天，注视着闪烁的星辰如黑丝绒上的珠宝一般集结。有些星星松散地聚合为中等大小的疏散星团，如NGC 6755和NCG 6756。它们的身影一闪而过，仿佛午夜列车窗外沉睡村庄的细碎灯火。几个发光的发射星云列队而过，它们的数量正在缓慢增长。巨大的黑色尘云聚拢而来，像含义深远的静谧，又缓缓退出，显露出更多星星，以及一个球状星团紧密温暖的光，接着还有一个行星状星云——优雅，半透明，精妙繁复，像一只发冷光的水母。

到了盾牌座，我加快节奏，穿过边界，进入巨蛇座。鹰状星云跃

入视野，那是虬结纠缠的尘埃气体上的一束枝形吊灯似的光，像顺密西西比河而下的夜航船一样俗丽。在人马座，大量明亮的星云出现了，带有热带鲜花般的别样风情。我在天鹅星云上踟蹰良久，它像寂静的早晨里营地篝火上升起的轻烟，只是这轻烟有10光年之高。三叶星云有点像一盏中式折叠宫灯，若有风搅动，看起来就是扁平的，但若空气稳定，就变成了一个立体的发光球体。它的伙伴——朦胧的礁瑚星云，几乎在周围绵延的发光气体的笼罩中消失了，这些气体就像一卷卷展开的帷幔。还有很多可以看的东西——红铜色的球状星团、纤弱的星云，还有闪耀的疏散星团——太多了，要看不过来了。我离开望远镜，伸展了一下，放空自己。一旦陷入深空，你就会知道，没什么比现实更美。

古代观测者一度猜测他们在夜空中看到的星星属于一个扁平的星系盘。望远镜时代之前的伟大天文学家第谷·布拉赫在他的天文台里放着一个巨大的铜质天球仪，它的直径有5英尺，饰有华丽的星座纹路，他还在上面镌刻了数千颗星星的位置。他思索着这些星星的位置，也许注意到了天空中的亮星倾向于向银河附近聚集，这是个很明显的线索，表明恒星和银河之间必然有着某种联系。[260]但是第谷和他的同时代人显然都没能找出其中的关联。我们从不以无知看世界——所有观点都产生于先知与所见的对话，并取决于你看到的是什么，也取决于你寻找的是什么——而第谷对太阳属于一个旋涡星系的事实一无所知，也就并没有寻找这个命题的证据，直到伽利略用他的望远镜确认了银河由无数星星组成，然后20世纪的天文学家确认这代表了我们从星系盘内的位置向外看这个旋涡星系的视角。

我们早前注意到，大质量恒星比小质量恒星燃烧得更剧烈。恒星燃烧速率是其质量的4次方。所以一个10倍太阳质量的恒星，光度就是太阳的1万倍。

这无法持久：如果你的钱比我多10倍，但你花钱的速度比我快1万倍，很快你就会破产，这就是巨星的下场。像太阳这样常规大小的恒星，可以稳定闪耀数百亿年之久，但50倍太阳质量的超巨星，则在不到100万年的时候就逐渐耗尽熄灭。20世纪的天体物理学家发现，将恒星排列在一张图表上，一轴代表它们的颜色，另一轴则代表光度，那么大部分恒星都位于一个比较清楚的路径——“主序”，恒星一生中处在这个阶段的时间最长。它们在燃料将竭时变成红巨星，离开主序，颜色变红，因为外层大气开始膨胀冷却。最终它们的气体外壳完全剥离，露出的内核以白矮星的形式继续存在。尽管我们看到的夜空只是一部长电影中的一帧，但我们周围的星星质量不同、年龄各异，处在一生中不同的阶段，通过研究它们，我们就可以拼出整个星

系演化的过程。用望远镜看星星的愉悦之处，部分在于欣赏不同天体在整个星系的长剧中扮演的独特角色。

行星状星云是时间长河中这样的行星快照的典型例子。“行星状”一词，是由它们的发现者威廉·赫歇尔于1785年创造的。赫歇尔用的是一种比喻，他的意思是，这些星云有着圆盘一样的形状，观测者第一眼看上去会误以为它们是行星。他推断这些行星状星云是由某种“闪烁的流体”构成，但没法判断这些流体是什么。这种暂时的局限性——天文学家知道天空中的这些东西是什么、看起来像什么，却不知道它们是由什么构成的——为哲学家奥古斯特·孔德于1835年所利用。孔德拿它作为人类的见识无法超越知识本身的例子——这永远是一种危险的推断——他宣称人类可能一直在研究天体的形态、距离、大小，还有运行，“但无论如何，都无法研究它的化学构成”。[261]

孔德的断言在他死后几年里就被推翻了，物理学家约瑟夫·夫琅和费、古斯塔夫·基尔霍夫和罗伯特·本生将光谱仪瞄准太阳与其他恒星，揭示了它们的构成，开辟了天体物理的新科学。[262]然后英国业余天文爱好者威廉·哈金斯接手了这项工作。哈金斯是伦敦一个富有的丝绸商人的独子，18岁时继承父业，却在12年后将其出售，投身天文。他在伦敦郊外建造了一个私人天文台，起先致力于单调辛苦的恒星位置标记工作。但当他听说基尔霍夫和本生证实了太阳中含有钠的光谱证据后，他就搞来一架克拉克折射镜，开始拍摄星云的光谱。他发现有些星云（比如天龙座的行星状星云NGC 6543）由发光的气体构成，而其他星云（比如罗斯伯爵用他的72英寸反射镜研究过的螺旋星云，我们今天知道这些星云其实是星系）展现的却是恒星光谱。皇家学会奖励了哈金斯一架新的用于光谱研究的望远镜。他的财富并未就此而止，在向都柏林的望远镜制作者霍华德·格拉布咨询问题的时候，他认识了年轻博学的天文爱好者玛格丽特·林赛·默里。他们很快就结婚了，在哈金斯的余生中，他们都一起工作，致力于天文光谱研究。

行星状星云会向外膨胀，它留下的恒星会发出紫外光，将能量注入星云，“激发”它的原子——就是说原子吸收了光子，光子把电子踢到了更高的轨道。电子跌回低轨道时会发出自己的光子，带着原子自己的波长特征。在行星状星云中，很多能量都是再辐射成单次或二次电离氧的波长，因此很多观星者用“OIII”滤镜，它会阻隔其他波段的光，改善望远镜的视觉效果。

我们的星系中藏着1000多颗可见的行星状星云，估计还有1万多颗藏在星系盘的尘埃云后面，没有被探测到。10到12倍太阳质量的恒星，在一生中的晚年会不可避免地进入行星状星云阶段，而我们银河

系中有几十亿颗这样的恒星，有人也许会问，为什么我们看不到这么多数量的行星状星云。答案是它们无法持久：它们的外壳剥离大约只需5万年时间，然后它们就会停止发光，从视野中消失。从天文学时间尺度来看，行星状星云有如焰火，短暂又绚烂。

有些行星状星云，比如指环星云，长得像唱片或甜甜圈。还有一些，比如哑铃星云（一个看起来不规则的大行星状星云，位于一个叫狐狸座的小星座里）或木魂星云（水蛇座内一个闪烁的光环，有小股纤细的气体从中穿过），在大型望远镜中呈现出无与伦比的精美面貌。仙女座的蓝雪球星云如掉落的饮料般飞溅。双子座的爱斯基摩星云长得像毛皮大衣兜帽里的一张人脸。天龙座内的猫眼星云有着错综复杂的小环，以近乎螺旋的形态排列；而暗弱的行星状星云NGC 7139就只是几缕轻烟，仿佛随时会消失。宝瓶座的螺旋星云是距离地球最近的行星状星云，只有450光年之遥，但它却常被忽略，因为它在天空中显得太大了：它的直径足有13角分，最好是用双筒或广角低倍望远镜观看。

观星很大程度上与个人喜好有关，很多人欣赏又大又亮的行星状星云，少数人却寻找并不那么明显的。休斯敦的杰伊·麦克尼尔在20多岁就痴迷于此，很快他就将他的16英寸反射望远镜瞄准那些别具风格，又小到要用非常高的倍率才能识别的行星状星云。斯蒂芬·詹姆斯·奥马拉回忆起在一场得克萨斯星空聚会上，麦克尼尔“开始解释起这些天体的惊人之美”，还问奥马拉是否见过约恩克海尔320、潘伯特—马蒂斯4和曼查多—加西亚—波塔什2。“我以为他在说外语呢，直到后来他递给我一张单子，上面是他最喜欢的行星状星云——有450个，”奥马拉说，“‘哦，没，我从来没见过它们，’我答道，‘我连听都没听过。’”[263]

行星状星云代表的是恒星一生的尾声，而在银河系旋臂的恒星诞生区域发现的亮星云和闪烁的疏散星团，展现的则是恒星诞生和死亡的早期阶段。这些区域一般都包含着星团，这些星团还被包裹在星云中间，恒星就是从中凝聚的（这样的云团一般是弥漫星云，原子发光的叫作发射星云，吸收光的叫作吸光星云，反射光的叫作反射星云）。猎户星云是研究星云的好地方，因为它靠近不同的发射星云、吸光星云和反射星云，展现着它们的特征。

猎户星云的发射部位像绽放的花朵，它的臂膀像晨光中伸展的花瓣，永远是望远镜中的美妙景象。“无论如何凝视，都无法囊括其生动的光彩。”沃尔特·斯科特·休斯敦大胆提出，他是个经验丰富的观测者，也是个天文作家。[264]小型望远镜中的猎户星云看起来是灰色的，那是因为光线在非常暗的时候，无法触发眼睛的光线感受器。大

孔径望远镜则能激活它的色彩，展现出它暗淡的宝石红色卷须和趋近中央的一些淡绿色痕迹。红色来自氢原子的基本跃迁，绿色来自电离的氧，和行星状星云中发现的一样。大多数原子在被一个光子“激发”后的数分之一秒内，自己也会放出一个光子，而OIII在太空中需要数小时才能“发光”。以这种随意的方式产生的光谱线又被叫作“禁线”，因为在实验室中一般看不到气体这样发光，被激发的原子在发光前又会与别的原子冲撞。星云可以呈现禁线，是因为尽管它们的体积、质量都很大——猎户星云的宽度是30光年，内含物质可以组成1万个太阳——但它们的密度其实比实验室真空还要小。[265]

泵注到猎户星云内的能量电离了气体并激发生光，这些能量来自年轻炽热的恒星，它们在宇宙历史中只是刚刚才凝结成形，还嵌在云中。而这一切当中最不寻常之处，是这朵星际之花的花蕊上有一个四重星。它叫作猎户四边形星团（来自希腊几何术语对四边形图案的称呼，它的四颗星组成了盒子的形状），岁数差不多有1万年，属于一个年轻的、大约含1000颗星的星团。四边形星团在低倍率下清晰可见，高倍率更可展现周围星云的精细结构，约翰·赫歇尔将其比作“鱼鳞天结束，当中的云变成卷云的形状”。[266]四边形星团的四颗星都是温度高且质量大的，它们强有力的星际风在周围气体中吹出了一个泡，因其冲开了边上的云，我们可以清楚地看见这个星云的内部区域。

类似这样到处巡视的夜晚，让我看见了很多小的星际摇篮，它们被称作EGG（蒸发气态球状体），有些只有一个太阳质量那么重。这些暗星云由气体尘埃的襁褓包裹着的幼年星星组成。它们若被特别猛烈的星光和星际风轰击，就会一侧发光，而另一侧暗淡，像一个冰淇淋蛋筒。EGG是天文学家用哈勃空间望远镜发现的，它们太小，用业余望远镜无法拍摄成像，但爱好者还是可以观测它们的大伙伴——博克球状体。它以荷兰裔美国天文爱好者巴特·J.博克的名字命名，他对银河系做了广泛的研究，自诩为“银河系的守夜人”。它们直径不等，从三分之一光年到10光年或更多，有1000个太阳质量那么重，被认为会产生一窝中等质量的、类似太阳的恒星。[267]E.E.巴纳德和别的观星者一直在追寻的、在那些河流一样的暗星云中发现的许多黑色团块，其实就是博克球状体。当身后明亮的发射星云，比如靠近海山五的IC 2944和老鹰星云照出它们的轮廓时，这些球状体就会非常突出，以至于在照片中很容易被误认为是镜头上的污点。

猎户星云和反射临近星光的地方也有大型的暗星云交织。这些反射星云经常是蓝色的，这和白天天空为蓝色是一个道理——因为蓝光在气体和尘埃中更容易散射。彻底无光的暗星云只能在背后恒星或星

云亮部的衬托下以剪影形式见到。用望远镜看向花茎部分，能看到在猎户星云主体M42和毗连的M43中间纠缠的暗色物质。[268]另一条更宽的尘埃道将这个混合体与附近的鬼魂星云隔离开来，鬼魂星云得名于它内中一团看起来像鬼马小精灵的模糊气体。

临近的马头星云是一个特殊的暗星云，形状像棋盘上的骑士的轮廓。它有几十光年那么高，在红色发光气体的背景衬托下非常明显。然而它本身非常暗，当天空没有全暗的时候，技巧高超的观测者也未必能找得到它（H—β滤镜能管用，但这个滤镜用处很少，几乎只能用于看它，所以被打趣为“马头滤镜”）。然而马头星云值得费这么大劲去看。在这涌动的旋涡中间，有什么东西在深处逡巡，栖息在猎户这个恒星制造工厂的一头。它引诱天文学家往深处探索，就像爱德华·吉本漫步在古罗马遗址上，不断激发新的疑问，因而写就《罗马帝国衰亡史》。[269]

观星者看到暗的和亮的星云，会以它们的模样给它们取名，就像郊游的人看见积云时将它们想象成动物的形状。参宿七西北偏西方向的女巫头星云看上去烟熏火燎，几乎带有工业风：这里是被某种力量铸就的。天鹅座内的北美星云和鹈鹕星云，在烟灰色暗影中展现了精妙的几何图案。加利福尼亚星云给人一种阴郁感，它过于狭长，单筒望远镜的视野放不下，用双筒看又太暗，就像试图透过飞机舷窗看到完整的加利福尼亚州。要观测这种大的星云，最好从低倍率目镜开始，在它们过中天的时候观察它们，因为那里的大气最薄。

疏散星团装点着银河，像鸽子灰颜色的围巾上的小饰片。猎户座内就有几个讨人喜欢的疏散星团——著名的NGC 1981正好穿过猎户星云——但在人马座、天蝎座和盾牌座中最为集中，那里是我们朝银心看的方向。通过统计星团中星星的颜色和亮度——以便判断有多少恒星进入红巨星阶段——天体物理学家可以估算其年龄。这样的研究显示大部分疏散星团都很年轻：它们彼此缺乏足够强的引力，无法长久聚集，终将蒸发，在彼此的拉锯作用下释放出恒星，被路过的别的恒星和密度大的星云吸引过去。

而年长的疏散星团则显得较为稀疏：它们已经失去了大部分恒星，开始接近全部蒸发的阶段。

我们天空中最年轻的疏散星团之一是英仙座内的双重星团，它距地7000光年，位于北银河。这对星团是英仙座手臂处恒星工厂的崭新产品，在手臂位置暗星云丛生的黑色森林里熠熠生辉。再年长些的是巨蟹座的蜂巢星团。它大约有足足4亿年了，在漫长的演化过程中孕育了各种各样的蓝色、黄色和红色的恒星。蜂巢如此长寿的秘密在于

它位于质量最大的疏散星团之列，因而具有比质量相对较小的星团更大的引力，可以维持聚集状态。这个星团肉眼可见，但也仅仅是一块星云状斑点——喜帕恰斯和托勒密都曾提到过——要分辨出其中的恒星，还是需要光学设备的帮助。这也不难看到，因为它距离适中，仅有580光年远。御夫座内年纪差不多的M37当中居住着约500颗恒星，从望远镜中看去，会让人想起被黑色大海围绕的港口城市里山上小房子的灯光，一颗明亮的蓝白色星站在中央，像港口处的一座灯塔。

球状星团是星系中的前辈，当中的星星至少都有100亿到120亿年。“球状”的说法是威廉·赫歇尔创造的，他发现了37个球状星团，它们名副其实，有着球状或椭圆的外形。这些星团中囊括的恒星从上万到上百万不等，质量比疏散星团大得多，在太空中分布在不同的地方。疏散星团位于星系盘内，而球状星团则占据太空中的一个球状空间，以星系核球为中心，但散布于核球周围，绵延数万光年之远。这也许意味着球状星团是在星系年轻时形成的，从球状外形塌缩到了我们今天看到的扁盘状。

从望远镜中看去，球状星团和疏散星团的外形大相径庭，一如它们迥异的起源和历史，可以让我们一窥究竟。然而疏散星团更难以预测，每个个体也有各自的外形特点，而球状星团则呈现出光洁简单的一致性。

肉眼可以看到三个比较明亮的球状星团——武仙座的M13、杜鹃座47和半人马座ω。每个星团在望远镜甚至双筒中都是壮观的景象——那是装满了石灰白到黄色星星的宏伟城市，夹杂着四散的红色和金色巨星，它们是这个星团古老的象征。M13是北半球观测者的最爱之一，10万颗以上的恒星聚集在一个球体里，直径约150光年。

南半球观测者则能享受到杜鹃座47的光辉，它的位置非常醒目，距离我们将近2万光年，靠近小麦哲伦云的一侧，小麦哲伦云是银河系的一个伴星系。半人马座ω的距离差不多，它是银河系内已知的最大的球状星团，也是当中最特殊的一个，但它的赤纬在南纬48度，这意味着北半球观测者得跑到亚热带才看得到它。它是我们基比斯坎天文协会成员用小型望远镜时最喜欢的一个目标。用这样的设备，我们能看见主球体外缘的单颗恒星，而靠近中心的恒星则都融成了一片光。大型望远镜也能分辨出中央的恒星，展现出恒星参差不齐的线条和光环。太阳系行星只在一个轨道面上运行，银河系恒星只在星系盘上运行，球状星团的恒星运行轨道与它们不同，在各个面都有。在我们眼中，它们在这些轨道的不同位置上定格，就像击球练习中的棒球，有些是平飞球，有些则是高飞球。

约有200个球状星团居住在银河系内，当中有147个是被确认的（和行星状星云一样，剩下的球状星团可能藏在星系盘上的星云和恒星云背后）。新手可能会觉得它们长得都差不多，但对于它们的痴迷者来说，球状星团就像欧洲城市一样迥异。它们质量不同，恒星数量从数万到数百万不等，密度也不同。有些星团里满满当当全是恒星，那里如果有行星，上面的观测者一定从未经历过真正的暗夜，相反却得与许多闪耀的红色和金色恒星的投影为伴。其他的星团则更分散，它们那里的天空和地球上相比应该是更黑的，但亮星会更多。天文学家还在试图弄清楚这先天与后天的问题，其中不同之处可能是由球状星团形成时截然不同的环境和形成后的经历导致的。从“先天”的角度说，星团形成时，它与星系的潮汐作用力会限制它的大小：如果星团生来就过大，星系很快就会把它的外层恒星撕扯出去。从“后天”的角度说，星团经过星系盘时会摇动，它的气体和尘埃也会被撕扯出去，尤其是遇到分子云的时候，比如猎户星云所在的那一团分子云。如果是真的话，那么我们今天看到的球状星团应该就是最早期的一大批球状星团里的灾难幸存者。

抛开这些变动，球状星团其实是研究星际演化的全新实验室。

最开始的时候，球状星团里面的恒星都处于一种最原始的阶段，它们后面的演化在一开始就由它们的质量决定了：大的会很快爆炸，留下一个黑洞或中子星；中等大小的最终会变成红巨星，然后是白矮星；小的则会万世长明。球状星团内极少有新星诞生，因为内中可以构成新星的星际物质非常少：超新星的遗留或许足够，除非它喷射的速度超过了星团的逃逸速度，并因此在形成气候之前从星团剥离。从红巨星和别的老年恒星中流泻出的气体可能在一段时间内有用，但每次它们在轨道上穿过银道面，气体就会被剥离。因此球状星团被认为是为天体物理学扮演了类似于人类学家最喜爱的“原生态”部落的角色——星团内的群体还没被外界影响到。[270]

用大望远镜追寻球状星团的狂热爱好者可以分为歆慕又大又亮的星团的，以及搜寻小而暗的星团的。有些球状星团看起来很暗弱，是因为它们其实藏在银道面上的尘埃云后面，这就减弱了它们的亮度，并且使得光线变红。芭芭拉·威尔逊曾设法用一台36英寸的望远镜看到了一个特别暗的，名字叫UKS 1：它是银河系内最暗弱的球状星团，之前只在剑桥大学的一台48英寸英制施密特相机拍摄的底片中被分辨出来。还有一些球状星团看起来暗，只是因为它们距离太远。捷克天文爱好者莱奥什·翁德拉就很喜欢天猫座的NGC 2419，这是一个10等亮度的小光斑，他形容其为“银河系被遗忘之境”。它是个先驱者，在位于距离太阳大约30万光年的地方；它的轨道非常远，绕银河系一周

需要300亿年。芭芭拉·威尔逊最爱的是AM 1和帕洛马4，她把它们叫作“极度光环球状星团”，两个星团都在4万光年之遥。

观测者若想看得更远，可以找找别的星系的球状星团。最亮的银河系外球状星团是仙女星系内的G1。它的亮度很高——光度是半人马座ω的2倍——目前它在轨道上正处于偏离其母星系的位置。莱奥什·翁德拉和幻想自己在火星上的开普勒及幻想自己在月球上的达·芬奇一样，也会转换自己的视角，幻想银河系上的球状星团对“仙女星系里的深空观测者”来说，哪个会是最美最亮的。答案意想不到，正是先驱者NGC 2419，一个在地球上默默无闻，在仙女星系的天空中却一定非常明显的球状星团。

现在我们站在星系际空间的边缘了，别急，我们先等等，回头看看太阳的邻居，了解一些被我们概览宇宙时忽略掉的，却是我们作为后院观星者应该去探索的东西。

首先是和我们比邻的恒星。即便只是粗略地扫一下，我们得到的图景都和我们所关注的那些夺目的超巨星及旋臂处恒星诞生区华丽的星云大相径庭。太阳系邻近的恒星中只有不到1%是巨星：其他90%是普通的主序星，剩下的就都是暗弱的小灯泡。20颗最靠近太阳的恒星中，只有5颗是可以不依赖望远镜看见的，其余的都是不显眼的红矮星，比如拉朗德21185、罗斯154、拉卡伊9352、罗斯128、格鲁姆布里奇34，还有鲁坦星。查尔斯·达尔文被问及他的研究让他对上帝的本性有了怎样的了解，他答道，神似乎对甲虫有着无节制的痴迷。这个说法也可以用于我们银河系中数千亿颗恒星中的大部分，它们在自己的轨道上做着自己的事情，我们根本看不见。也许还有很多失败的恒星，比如所谓的褐矮星，它们的质量不够大，无法点燃热核反应堆，只能依靠引力收缩产生的贫瘠能量发光。星系中褐矮星的数量比较难统计，因为它们太暗，但有两颗和太阳很近——LP 944—20和格利泽876，两者与我们的距离均为16光年左右。有证据显示格利泽876有一颗行星，对于这颗行星我们所知甚少，只大概知道它可能没有可以晒日光浴的好沙滩。临近的恒星中有70%属于双星或多星系统，随着距离的增加，这个百分比急剧减少，这也许说明天文学家低估了多星系统出现的频率，只是因为现有望远镜还不能识别狡猾的它们。

我们的旅程再拓展到距离太阳50光年的地方，我们会发现星际介质——飘浮在近域空间的一层薄薄的气体和尘埃里面充满了气泡。气泡被认为是恒星以超新星形式爆发的产物。气泡内的空间比一般的真空还要稀薄10倍——大约每立方厘米只有0.05个原子，而一般的真空里则有0.5个。有些气泡非常大，可以打穿星系盘，如果观测者有幸

住在其中，就能更清楚地看到一个广阔的宇宙。我们就是这幸运的观测者之一：太阳目前恰好穿过一个气泡几乎正中心的位置，可以想见，这个气泡的名字就叫本地泡。它的宽度约为20光年，内中嵌有遗骸（“本星际云”），但其实还是很清楚。如果我们不是在这个位置上，我们可能还是可以看见那些遥远的星系，但由于星际尘埃的缘故，它们的颜色应该更红，而且在短波段的紫外线光下我们的视野会很模糊。

我们的征程范围再加1倍，会发现附近有别的更大的泡，它们在天鹅座、英仙座、猎户座和半人马座里。把视野拉远，缩小画面，所有这些气泡就变成了一排柔软云朵的一部分，从附近的悬臂弯过来。再回退到2000光年远，宏大的主旋臂就进入视野，人马臂在太阳系轨道内侧，猎户—英仙臂在外侧。临近星系的天文学家若用一台视场可囊括人马到猎户臂的超大望远镜看银河系的这一部分，就能看到我们在这一章提到过的很多非常显眼的天体——当中有猎户星云、人马座的恒星云及各种亮星云和暗星云，也许还有昴星团和毕星团。但他——或者她，或者它——要分辨出像太阳这样比较暗弱的星星就捉襟见肘了，要看到它们最大的行星就更难了，更别提地球了。

现在我们在这里，带着我们的双眼、我们的心灵，还有我们的好奇心。60亿乘客在这一条蓝色的小船上，围绕着众多巨大的轮转烟火中的一个，摇摇晃晃地旋转。现在该离开银河系，去探索众多星系的国度了。

蓝调乐谱：拜访约翰·亨利之魂

他向队长立誓言："硬汉虽说只是人，若要气钻胜过我，除非我死把锤扔。"

——《约翰·亨利之歌》

我的锤子火了，伙计们，

我的锤子火了。

——大路易斯安那，《奏响你的锤子》

我不是约翰·亨利，我躺在天文台的长凳上想着，双臂交叉枕在脑后，无所事事地盯着飞马大四边形看，与此同时望远镜承包了所有工作。他与机器抗争，并死于抗争；而我则会投降。我曾靠目视搜寻超新星——如今有时候还会这么干——但是现在我让望远镜搜寻了。伴随着机器丁零当啷的鸣响和CCD相机红灯的闪烁，它那闪着微光的黑色镜身在夜幕背景下英勇地矗立，每隔几分钟就自动拍摄一张星系的图像，储存在电脑中，然后在一声意味深长的嘎嘎声中转向列表上的下一个星系，开始重复先前的操作。CCD比我的眼睛更能侦测到暗弱的恒星，我甚至不需要仔细检查它拍摄的所有照片。计算机会做的，它会检查对比不同时间内拍摄的相同星系的图片，一旦发现新的光点，就会提醒我，因为这意味着可能有一颗恒星爆发了。这一切都非常合情合理。

那么为什么我还是觉得不太舒服呢？

也许是因为它拉开了我和星星间的距离。CCD相机置入望远镜放目镜的地方，所以当CCD在通过望远镜看星空的时候，我就不能用望远镜看了。

感谢现代科技，我甚至不在现场就能观测——就像我可以打电话给我太太，而不用看着她的双眼一样。但这一切真的是一种进步吗？

多年前的一个傍晚，我在新墨西哥州的赞卡唯平顶山，一边

试图在一颗大圆石上站稳，举目远眺，一边等着一队野餐的学生来听一场讲座。阿纳萨齐人是现代普韦布洛人的祖先，他们几百年前生活在这里，居住在平顶山高地上一座错综复杂的住所内。他们把远处的山峰叫作宇宙的四角，我看到这些山峰就能明白他们的意思。前景中是村庄废墟上所有的复杂建筑，更远处是骨白色和仙人掌绿色相间的山脊，使得平顶山自有一种与世隔绝的完整：生活在这里一定像是在一颗小彗星或小行星上殖民。我思索着，叩问那些逝去的灵魂："在你们曾经的家园，我要如何向你们询问关于宇宙的事情，才能不冒犯到你们的记忆？"

答案立刻就出现了，声音有如雷鸣般寂静。

"你本无须存在。"它说。

我感激于这份宏大的训诫，它夹杂着对我入侵者身份的讥讽，以及关于应当如何探讨宇宙学的深刻建议。学生来了之后，我试图在讲话中把它融进去，那以后我也常常想起它。但今晚在天文台，这份训诫就显得毫不夸张。望远镜在观测。我无须存在。

至于约翰·亨利，他显然是个真人——据说是奴隶出身，体力惊人，也是个有天赋的歌手和班卓琴演奏者，亦是一众人的首领，他和蒸汽钻机比赛，蒸汽钻机钻了9英尺，他钻了15英尺，然后死去了。[271]然而他的传说一直在被重读。确实，你可以把约翰·亨利想成苏格拉底，他们在自己的死亡上达成了某种一致，将其变成了最伟大的作品，一件值得记住的艺术品，但却太过模糊，无法被解读成一条完整信息。约翰·亨利打败了机器，但结局如何呢？蒸汽机最终被广泛采用，并拯救了无数铁路工人的性命——所以为什么不放下锤子，让蒸汽钻机工作呢？这是密西西比·约翰·赫特从这个故事中得出的实用道德论，他将它付诸一首关于钢铁机师发现审慎比英勇更重要的歌：

这是杀死了约翰·亨利的锤子，

却杀不死我。[272]

最终我选择做约翰·赫特而不是约翰·亨利。电脑和CCD几乎承包了所有发现超新星的工作。试图用目视来打败它们是毫无希望的。不过我倒是乐意试一下。

望远镜也需要改进。最早是从一件半便携装备开始，我用的

是一个类似独轮车的精巧装置，底下配一对橡胶包边轮子，上面承载一个小舱室，望远镜就从小舱室里拖出来。我带着它穿过颠簸的石头路，测试不同的观测站点，直到发现适合建天文台的好场所。一旦天文台的水泥立柱建好，望远镜就可以运转数年。不过，最终它的便携性设计——它有着轻骨架镜身和铝制旋转前端组件，无论指向天空什么方位，目镜都处于很方便的位置——导致了性能的下降。它无法承托准直仪——就像在用一把没有音准的大提琴——它也没法加装马达，使星系自动固定在相机视野中。是时候做出改变了。

我决定保留主镜，配以新的自动化镜身。我咨询了几位工程师、设计师和天文爱好者，计划就形成了。我们要先重建一个很大的旧装置，那是加利福尼亚州巴斯托的设备制造商爱德华·R.拜尔斯于1972年精心制作的。这个装置命途多舛——它曾在好莱坞一座游泳池里泡了三个月，那是它的主人去欧洲度假时，派对上一个客人失手将它打翻，让它掉进去的——但至少这是我买得起的，新的可能比保时捷还贵。我们得为这个装置安装一个现代化控制系统，再配一根碳纤维管——坚固，低温下不易变形，且能吸收杂散光——然后装上老主镜，它就可以开动起来了。

这个项目比计划晚了一年完成，此间我了解了很多关于团队成员的财务、心理和婚姻问题，这是我始料未及的，但他们证明了自己的诚实和勤奋跟他们的技术一样可靠，现在望远镜已经在运行了——刷了黑色漆的、铬制的、金光闪闪的自动化设备，有如定制版的改装高速跑车，还能够自动驾驶。我在半荒废的商场里一家逼仄的电子产品商店后面的货架上淘来一堆零件，用它们组装成一台电脑。望远镜连上它，就可以跑程序，整晚自动拍摄照片，无须人为操作。

它性能优越，而我在电脑终端上花费的时间越多，我就越少花时间看天空。我本无须存在。

当然，这一切都只是电脑接管全世界的宏大故事里的一个小注脚。在个人电脑爆发式发展的早些年里，有一种担忧的声音出现：我们是否会在不知不觉中塑造出终将取代我们自己的人工智能物种。那时人们会说：“哦，好吧，你随时都可以拔掉电脑插头啊。”现在你可能听不到这句话了。电脑正变得不可或缺，数量每天都在增加。到2001年，在世界范围内，每一秒内就会有一台个人电脑被售出，这些使用者正把所有这些电脑连接起来，组装成一个类似大脑星球的东西。最近我和物理学家保罗·戴维斯说起，我们终将生产出比我们更有智慧的电脑。

“这不是很可怕的图景吗？”我问他。

“并不，”戴维斯答道，“因为如果这一切成真，那么我们人类应该非常舒服，不会介意的。”[273]

这并不能让我停止思考。屋外星空下，看着电脑操作着望远镜，我想起了艾伦·图灵，他和约翰·冯·诺伊曼一起发现了数字计算的要义，他吃下注射了氰化物的苹果自杀——重新演绎了《白雪公主》的场景，那是他最爱的童话。（图灵破解了纳粹的恩尼格玛密码，这足以让他成为战争英雄，但他却被判处经受“化学阉割”，以阻止他的同性恋行为，同性恋在那时的英国是非法的。）那致命的苹果被发现放在图灵尸体边的床头柜上，只被咬了一口。而那个开辟了个人电脑革命的公司图标是什么？咬了一口的苹果！这难道不是一种不祥之兆吗？

我也会更理性地安慰自己，也许图灵和冯·诺伊曼发现的不只是一种科技，而是自然的真相，就像核聚变一样，是最基础的科学。计算的意义在于自然过程可以真正被减少，不仅仅是减少为数字，而且是最简单的可能数字——0和1的二进制编码。量子物理是一个可以拥有两种状态的系统（上旋或下旋，带正电荷或负电荷），没有第三种状态——换言之，状态也可以用0和1表示。DNA将基因信息量化，使得进化成为可能。人类思维是数十亿神经元突触的行为的产物，是电化学在既定时间内的开或关——0和1。星光轰击CCD相机的芯片，要么激发一个像素，要么没有——0和1。

路德维希·维特根斯坦认为“世界是事实的总和，而非事物的总和”。[274]计算机同意这个观点，并以所有程序都可预测、记录、控制和用二进制数字解读来支持并践行这个观点。还有一种观点是宇宙“就是”一台计算机，这个观点也许乍一看矛盾重重，但其实正说明我们最好不要基于物质、能量或空间，而是基于信息来看自然——因为我们对宇宙所有的了解必然由信息组成，信息转而可以简化为电脑演绎的二进制数字。所以这些正喋喋不休地、专横地工作着的黑黄色望远镜，也许已经看到了什么。也许当我们用望远镜去探索天空时，我们并非仅仅和计算机或星空接触，而是和它们背后一种更深刻却尚未被透彻理解的原则接触。

但是我仍旧喜欢去看。所以我彻夜不眠，漫无目的地看着星星。

第十七章
星系

航船驶过黑夜，擦身而过时互相交谈，

黑暗中唯有信号一闪和遥远的声音；

在生命的海洋上我们也如此相会和交谈……

……然后又遁入黑暗与沉寂。

——朗费罗

太阳踟蹰不落，遥远的光

召唤旅人，回到更广阔的家。

——爱默生

这是个晴好干净的夜晚，我在山里用一架小望远镜看仙女星系，巨大发光的星系盘在天区伸展将近5度，而望远镜视场宽广，能囊括大部分星系盘。它内部汇聚的星光有种轻烟般的效果，平滑中点缀火花，刚好能被视觉捕捉，像在山顶看远处罗马军团的营火。它搅起我的千思万绪，仙女星系中有诸多星星，我们从未能透彻了解它们。星系浩渺，要了解沧海一粟都太难。

星系毫无疑问是很大的。如果说太阳是一粒沙，那么地球的公转半径就是1英寸，太阳系有一个沙滩排球那么大，而最近的一颗恒星，即另一颗沙子，在4英里之外。即便是在这样压缩的比例下，银河系还是可以绵延10万英里。星系如此之大，一旦你能理解它们的尺度，宇宙立刻就亲切得像个度假小屋。像仙女星系和银河系所属的本星系群这样的星系团中，较大的星系成员之间只有二十几个星系直径的距离——这个尺度相当于两只餐盘分布在一张20英尺长的餐桌的两头。此外还有星系晕中的恒星、球状星团、伴生的氢云，以及暗弱的星系外盘——它们几乎是紧贴在一起的。本星系群所在的室女超星系团，在相同的尺度下就如同分散在一个比足球场面积稍大的区域的数万只餐盘，而整个可观测的宇宙半径也只不过约为20英里。所以从星系的视角看，宇宙也不是那么大。

问题是人类思维想跳到星系的尺度是很难的——也许根本不可能。仅对空间有概念，并不足以应对星系，我们还得调用时间概念。仙女星系与我们的视线几乎齐平，只有15度的倾角。星系盘可见部分的直径约为10万光年，从距离我们远的那一侧和靠近我们的那一侧同时发出星光，前者要比后者晚10万年到达我们的眼睛。[275]当远的那一侧星光开始它的旅程时，能人——真正意义上的人类——还没诞生。而近的那一侧光发出来的时候，能人才出现。所以说，在那小小的视野中存放着的一寸光阴，囊括了我们祖先的起源——就像一个活人的小传里未截止的日期（1944—？），不可避免地会令人产生关于我们物种命运的叩问。今晚从仙女星系发出的光，会在225万年后到达地球，谁会是在这里观察到它的人？我们觉得爱因斯坦时空论很抽象，但观察星系可以让我们体会到这些概念的真切存在。

星系的奇谲壮观，可以令很多理性的学者都迸发出热切的情感。（“壮美。”一个专业天文学家在一则严肃的百科条目的开头就这么说。[276]）这有一部分是因为它第一眼的外观——旋涡星系优雅朦胧的旋臂，椭圆星系洁白无瑕的辉光——但同样也因为它们有巨大的体积，包含丰富多彩的世界。对星系的研究是无可穷尽的。假使世世代代用最先进的设备研究仙女星系，我们也许能掌握不少情况——事实上我们也希望如此——但永远都有更多需要了解的，因为又有很多东西随着时间而变化。举一个“显眼”的例子，据估算，过去的200万年中，仙女星系有超过5万颗恒星爆炸：所有这些超新星的光芒早已向我们的望远镜飞奔而来，构成仙女星系的过去和我们的未来。星系与其说是一个天体，倒不如说是宇宙时空范围的一个宏大壮阔的例证。

星系是引力束缚下的恒星聚合体，比球状星团要大很多，呈现出不同的形态，小到只有几百万恒星的矮星系，大到拥有数万亿恒星的巨星系。（大的星系在数量上比矮星系少很多，但它们拥有更多恒星，物种进化在其中某一颗行星上成为可能的概率比在小的星系上要多。）星系还可以根据外观粗略分为三类：旋涡星系、椭圆星系和不规则星系。所有比较明亮的星系中，约有三分之一是旋涡星系，它们结构扁平，有核球和一组旋臂，旋臂饱含尘埃和气体，能形成恒星。椭圆星系呈球形或卵形，尘埃和气体含量相对较少，数量占所有已编目星系——包括一些最小的矮星系和几乎所有的最大的巨星系在内——的三分之二。不规则星系在已知星系中只占几个百分点，不过也许还有很多暗弱的星系目前尚未被宇宙普查员们捕捉到。尽管不规则星系缺乏显著的结构特征，但人们已经在更深入的观察中发现，有些是被其他星系潮汐撕裂的旋涡星系或椭圆星系。

星系的这种三重分类法，是埃德温·哈勃在早期的星系研究中提出

的，后来不断被天文学家修正和细化。比方说，有一类棒旋星系，它们的旋臂由一条明亮的棒的两端生出，而棒从球核延伸出来，像走钢丝的人用的平衡杆；而在环状星系里旋臂组成了一个圆圈。还有无旋臂的旋涡星系（又称“S0”），其中有一些很难和椭圆星系区分；而有些很扁平的椭圆星系，又很像侧面朝向我们的旋涡星系。此外还有很多几乎无法分类的“特殊”星系。

目前距离我们最近的星系是银河系的伴星系。截至本书写作时间，已知的伴星系有11个[277]，可能还有更多藏在银河系尘埃盘背后。目前已知最近的一个是人马矮椭圆星系，位于银河系核球另一侧的银道面上。它距离地球只有8万光年，覆盖5乘10个平方度天区，但人马座方向的星空前景遮挡太多，直到1994年它才被确认是个星系。它的一部分恒星已经被银河系拖跑了，整个人马矮椭圆星系也终将无法避免被银河系吸收的命运。相比较而言，大、小麦哲伦星云，这对分别距离地球16万光年和18万光年的南半球不规则星系，它们相对保持独立的时间还有数十亿年之久，尽管最终也还是要和我们合并。

银河系的其他伴星系，按照距离从近到远排列，依次是小熊星系、玉夫星系、天龙星系、六分仪星系、船底星系和天炉星系，紧随其后的还有狮子座II和狮子座I。最远的狮子座I能将我们带到83万光年远的地方。[278]它们都是暗弱的矮椭圆星系，最大的直径也仅有3000光年，所以如果在望远镜中看到它们，你一定会很失望。玉夫星系看上去像一个扁的球状星团，它非常暗，目视观测者将其归为“有挑战性的天体”。

本星系群由两大旋涡星系主宰，它们是仙女星系（M31）和银河系，本星系群内41个已知星系中有大部分都聚集在它俩周围。仙女星系的质量是银河系的2倍，是肉眼清晰可见的5个星系之一（其他的分别是银河系本身、两个麦哲伦云，还有M33——仙女星系附近的一个旋涡星系）。公元964年，波斯的阿勒苏菲形容仙女星系是一朵“小云”，德国天文学家西蒙·马里乌斯于1611年和1612年两次用望远镜观测它，明确写到它的光华像“号角里闪烁的烛光”（他可能是想到了那时候比较流行的雪花石膏蜡烛）。仙女星系在望远镜中展现给我们的是一幅大旋涡星系的近距离全景图。

已公布的仙女星系的图像有成千上万，但几乎所有图像都把核球过曝，这样才能带出旋臂细节。用望远镜目视观测，你会惊讶地发现它的内核像恒星一样明亮，而从内核向外看，光度骤降。如果那里没有星系盘，核球看起来就会像一个有着明亮致密内核的椭圆星系。当然，星系盘就在那里，它是一个巨大的阵列，内有发光的恒星诞生区和聚集在一起的大质量年轻恒星排列成旋臂，散布着岛屿般扭曲绵延

的暗云，从中央延伸到几乎无边的外层。其中一个较暗的旋臂从核球前端引人注目地横穿而过，令我们忍不住拿它和自己星系里的人马臂比较。旋臂里可见明亮的恒星诞生区，有经验的观测者可以从中看到仙女星系的球状星团。

这个壮观星系的星系盘其实是有点歪的，也许是两个最大的伴星系的引力作用导致。其中一个伴星系用小型望远镜就能看到——M32，可在仙女星系的星系盘南部边缘窥得；还有NGC 205，比M32更清晰些，在北边。两者都是矮椭圆星系。它们的质量分别是30亿和100亿太阳质量，大到足以把仙女星系扳向它们自己的方位，不过其他小的近邻星系可能也对这个过程有所影响。

在本星系群的边缘，住着仅有的另一个旋涡星系M33，它的星系盘在天空中伸展了足有1度，像绽放的莲花一样美，只是比较暗。它的亮点在于它内部有一个巨大的、孕育着恒星的星云——NGC 604，该星云比猎户星云还要大30倍。M33可能是M31的一个比较远的伴星系。从这个角度说，银河系某种意义上也是仙女星系的一个伴星系：两个大旋涡星系因重力彼此绑定，目前正在彼此靠近的阶段。有些天文学家推断本星系群的所有星系最终都将合并成一个系统，几乎整个银河系都将成为未来的巨型仙女星系的一部分。宇宙中别处还有些非常大的星系，它们最终可能都会像这样吞噬掉自己的姊妹。

本星系群是众多致密星系团之一。玉夫星系群——因其在天空中靠近指向银河系南端的方向，又叫南极星系群——是离本星系群最近的一个致密星系团，距离约为1000万光年。它最亮的成员是美丽的“银币”星系，由威廉·赫歇尔的妹妹兼工作伙伴卡罗琳·赫歇尔于1783年9月23日夜发现。玉夫星系群视直径将近0.5度，亮度可达7等，它确实呈现出一种旧银币的色泽。这个星系群内有很小却很美的旋涡星系NGC 300，以及有点奇怪、有点混乱的NGC 55，后者看上去是个受到扰动的旋涡星系。稍微远点的地方，在北天星座大熊座内，有M81星系群，该星系群以其主星系M81命名，那是一个美丽的、8等亮度的旋涡星系，深受众多观星者喜爱。M81还有个9等亮度的伴星系——M82，它曾被大质量恒星诞生事件折磨得面目全非。很明显，两者的潮汐作用在M82内部产生了密度波，并触发了焰火。

我们看向1200万光年之外的NGC 5128星系群，会有一些不一样的发现。它的主星系NGC 5128是个被一条暗带一分为二的明亮光球——“最美的一个天体”——约翰·赫歇尔在1847年这么形容它。[279]它也是个强射电发射体，又被叫作半人马座A，意为它是南半球星座半人马座最强的射电源。仔细观察，能看到这个球体是个大型椭圆星系，那条暗带则是一个正被它吞噬的旋涡星系的尘埃盘。这条尘埃带

在可见光波段挡住了半人马座A的中心，但用射电望远镜和航天器载X射线望远镜还是可以探测到后者。对研究星系演化的学生来说，半人马座A的价值就像被展示给检察官的一张持枪抢劫案现场快照：大型椭圆星系被认为是靠吞噬旋涡星系长大的，但半人马座A是我们能如此近距离看到的最有戏剧性的星系蚕食景象。

另一个近距离的星系互动的例子是涡状星系M51，那是一个正面朝向我们的旋涡星系，距地约3700万光年。一个小一点的星系NGC 5195正摇摇晃晃地经过M51，扭曲了M51，掀起了它的旋臂。这场邂逅严重地搅乱了NGC 5195的形态，天文学家都搞不清楚它原来应该是什么样了。

在靠近M51星系群的地方还有M101星系群，其主星系是和星系群同名的M101，非常适于拍摄，旋臂松散，视直径近0.5度，恒星诞生区发着光，像困在蛛网里的昆虫一样醒目。有些亮星云在旋臂非常靠外的地方，很容易被误认为是独立的星云。M101星系群还有至少3个旋涡星系，以及各式不规则星系和许多矮星系。

我们继续向更远处寻找以旋涡星系作为主星系的星系群（尽管也会有暗弱的椭圆星系埋伏其中，但在这么近的距离里尚未发现）。NGC 2841是一个大型旋涡星系，有着细节精妙的旋臂，主宰着一个星系群，该星系群还包含4到5个别的旋涡星系，也许还有十几个矮星系。另一处星系栖息地的主宰NGC 1023是个没有旋臂的——或者叫S0——星系，有5个旋涡星系伴星系。在距地2500万光年处，我们会遇到一组可爱的、正在互相作用的三重星系——M66、M65和NGC 3628，用普通低倍率目镜就能在1度视场里一次性看见它们。

尽管与我们相邻的大部分星系都属于星系群，但还是有少数孤立星系（又叫“场”星系），它们根本没有伴星系，或是没有亮到能被看见的伴星系。天文学家一度认为大部分星系都是孤立的，但随着望远镜和探测器的发展，越来越多的暗的伴星系被分辨出，真正的场星系很罕见这件事就很明显了。NGC 404是个S0星系，在天空中位于M32、M33之间，但离我们较远，它看起来是一个独处的星系，但其实它是本星系群一个位置非常偏远的成员。狮子座内的棒旋星系NGC 2903、天鹅座内的NGC 6946，还有南天孔雀座内的NGC 6744，据说都是独居者；遥远南天的网罟座内的NGC 1313也是如此——但NGC 1313形态四散，活动剧烈，让人怀疑它曾与什么东西有过相互作用，也许现在就有另一个星系藏在它背后。

距离地球3000万光年的范围内还有许多引人入胜的近邻星系等待我们发现，但也是时候再站远些，看看更宏大的图景了，因为我们还

有一半的距离就到室女星系团了。

如果我们的调查仅限于我们目前遇到过的星系，我们可能就会下结论说，宇宙中的星系由旋涡星系、矮椭圆星系、不规则星系，还有少量大的椭圆星系组成，它们构成小星系团，这些星系团在各个方向都有，非常分散。但一旦我们把望远镜瞄准室女座，这个印象就会被改变。这里的景象是令人惊叹的，众多星系成员在天空中的跨度几乎有50度，室女星系团内居住着2000多个星系，当中有200个左右非常明亮，用业余望远镜可观测到。它的星系数量迥异于我们从地球上看到的表象：第一眼看到这个星系团，会让你觉得自己像个刚进大城市的乡巴佬。星系团的内核由两个大的椭圆星系——M84和M86主宰。[280]在低倍率视场中至少还能看到另外三个星系同时出现，用业余爱好者艾伦·戈尔茨坦的话说，就是“万亿星光的汇聚”。[281]在两个星系中间画条线，向东延伸，可以穿过一串星系——这就是以亚美尼亚天文学家本尼克·马卡良命名的“马卡良星系链”——这条链上有四个旋涡星系、两个椭圆星系，还有一个S0星系。[282]

在附近，也就是星系团内核的东南方向，巨大的椭圆星系M87正发着光，内含约2.5万亿颗恒星。超长曝光（“深空”）图片可以展示出它的光环，星系中球状星团富集，在天空中伸展的区域可以超过满月。M87的内核会喷出等离子体射流——我们曾看见芭芭拉·威尔逊在得克萨斯星空聚会上观测它——它被认为是一个在超大质量黑洞周围旋转的吸积盘喷射出来的两股等离子体射流之一。另一股比较远的等离子体射流从未被目视过——它在威尔逊的“不可能”天体挑战列表上——但却被射电望远镜拍下来过。

室女星系团中央富含大型的椭圆星系，它们在我们的栖息地附近却并不多见，这显示大星系团内星系目前的外形和表现都是由它们所在的星系团的生态决定的。在下一章里，我们探究在星系密集的星系团中央发生过什么事情的时候，会展示更多这方面的证据。

室女星系团位于北银极附近，这是到银河系星系盘的最远距离，所以我们的视线是被前面一些恒星挡住了的。这就让观测者在刚开始的时候很难摸到头绪，但我们也可以通过它大概知道星系在它们的自然栖息地中是什么模样：发光的球体和盘状物镶嵌在漆黑的星系际空间中。在这样的距离下，星系看起来并不会像临近星系团中的星系那样又大又亮，但它们的多样性令人难忘。用20世纪上半叶一个勤勉优秀的业余深空观测者利兰·S.科普兰的话说，它们令人着迷“并非因为它们的外表，而是因为它们本身。每一个星系都是一个遥远的家园，我们看到的是它们100万年前的模样，比史前人类还要古老。它们能帮助我们获得真实的图景——我们和我们的世界微不足道又独一无二

——星系就是宏大的现实”。[283]

要找到室女星系团，需要一张好点的星图，先用低倍率目镜找到路标性星系，然后换到高倍率目镜，搜寻较暗的那些星系。这些璀璨的星系中包含了M90和M88，两者都很大，怀里搂着旋臂和前面一些零碎的星点。还有连体婴NGC 4567和NGC 4568，这是一对彼此对称的旋涡星系，看起来靠得很近，但并未出现一般近距离相互作用时会产生的明显分解迹象：也许这对双胞胎是一对双星系系统，与银河系和仙女星系类似，只是碰巧与我们的视线齐平。室女星系团还有一对有意思的双星系系统——NGC 4435和NGC 4438，科普兰把它们叫作“眼睛”，这对狭长的椭圆看起来真像在盯着我们看，很是瘆人。NGC 4565是一个醒目的、侧面朝向我们的星系，位于靠近星系团边缘的位置，在天空中的跨度比它的同胞们都大，差不多足有16角分。在靠近边缘的星系里，招人喜欢的还有M104，即草帽星系，它臃肿的隆起被尘埃带正好等分，非常明显，我曾用一架小型望远镜在好莱坞大道灯光之上低低的位置观测到它；还有M64，它又叫作黑眼睛星系或睡美人星系。在M64身上能看出它近期经历了两次恒星诞生的阵痛，当中包含大量物质，物质的自转方向与其星系盘相反，这种反常现象表明它最近曾吞噬过另一个星系。你想在室女星系团看到的可能还有M99，其亮度可达9.8等，小型望远镜轻易可见；还有M100，它的旋臂在8英寸或更大孔径的望远镜中可分辨出来。

室女星系团是不规则星系团的一个经典例子，椭圆星系占据中心位置，旋涡星系主宰外围。它自己又形成了一个叫作室女超星系团（或本超星系团）的中心质量瘤，这是上万个星系的聚合体，分布于1.5亿光年直径的空间内。除了室女星系团之外，超星系团主要由一些像本星系群和我们的邻居孔雀—印第安超星系团、天炉星系团及剑鱼星系团这样的星系小家族构成。

所有这些都在教我们学习天文学又一门不讨人喜欢的课——谦卑。地球并非像前哥白尼时代的人所想的那样在宇宙中心，太阳也不像哥白尼所想的那样在宇宙中心。相反，太阳位于一个普通星系群内的一个普通旋涡星系（好吧，比普通的略大一点）的偏远位置，而这个星系群本身又是在一个超星系团的边缘位置。如果超星系团缩小到刚好盖住地球表面，我们的星系大概就是波士顿；仙女星系的距离和大小大约相当于纽约；宇宙中这一部分最亮的城市灯光，室女星系团的城镇中心，大概就在洛杉矶内。

但即便从城里出发到郊外，也仍旧有很多值得一看的东西。在距离地球1亿光年的范围内——观测者用中型望远镜可以观测到，或是用小型望远镜加上CCD相机可以拍摄到的范围——居住着160个星系

团，包含了2500个大星系和大约25000个矮星系，当中约有500万亿颗恒星。而更远更暗的地方，我们都还没看到呢。

大科学：拜访埃德加·O.史密斯

2000年12月，我在图森城外的基特峰国家天文台花了一晚上的时间，用1.2米卡吕普索望远镜拍摄星桥和互相作用的星系之间连接着的发光气体。卡吕普索是山上唯一一台私人望远镜，其他望远镜都是由大学和政府部门运行的。它是埃德加·O.史密斯设计建造的，埃德加是企业家出身，后来转而从事天文，也邀请别的观测者来用它，他说只要一小点观测时间就够他做研究了，因为“里面流出来的数据就像消防水管里流出的水”。

我认识很多业余爱好者，他们对天文的热情，将他们引向了古罗马人所说的“通往繁星的崎岖之路”——观测星空的不眠之夜，调试装置、处理数据的漫漫长日，让他们陷于第二次按揭和婚姻问题咨询的望远镜建造项目，还有长途跋涉观测掩星和日食的艰苦旅程——但谁都没有埃德加走过的路崎岖，谁都不像他那样精力充沛地前行。我们第一次见面是在9年前，那时埃德加是一个百万富翁加单身汉，有令人眼红的地下酒窖和精美的艺术藏品，还有着不知疲倦的脑子，他在他位于康涅狄格州乡下的房产后院用一台14英寸施密特—卡塞格林望远镜观测。他和很多天文爱好者一样想要更大的望远镜，并想了解更多的天文学知识，以便更好地使用望远镜。埃德加的独特之处在于他的野心。他认定自己的新望远镜应该是一台米级别的设备，装备了精巧且合适的光学系统，要放在高山顶上，而且要有近地轨道范围内的望远镜中最佳的分辨率。对于埃德加来说，学习足够多的天文知识以更好地使用望远镜，意味着成为哥伦比亚大学的学生，拿到天体物理学博士学位——尽管他已经50多岁，还在经营着产业。

多年来我一直和埃德加保持着联系，他也一直追寻着他的理想。我们一起参观了他望远镜的生产工厂，讨论着他在哥伦比亚大学的天文和天体物理课程的进展，那里的学生们都欢迎他，尽管他比他们大1倍，还有些教授会揶揄他。直到他博士学位到手，论文发表（三篇关于天炉星系和几个球状星团内的恒星演化的论文，发表于《天文学期刊》），他的望远镜在基特峰运行起来，他才终于肯坐下来接受我的采访。我们在他位于派克大街西格拉姆大厦的E.O.史密斯公司总部的大办公室里见面。他实际比外表更沉默——他是个高大健硕的男人，脸庞宽阔粗糙，双目有神——说话很温柔，就像在轻声自语一样。

他告诉我自己出生在华盛顿，在宾夕法尼亚州多伊尔斯敦的一座奶牛场里长大，他的父亲曾是民用航空管理局的施工工程师，在那里买了地。“我父亲是个精力充沛、争强好胜的家伙，很粗野，酗酒又暴力，一个执拗的男人。”埃德加说，“他常对我拳打脚踢。我生命中起决定作用的那一刻是在我13岁的时候。我们有个工人在奶牛场工作，他曾是俱乐部拳击手，我和他有时候会把干草捆堆成一个圈，然后在里面打拳。有一天晚上，我父亲过来看到了，然后说：‘你在干吗？’他一定要戴上手套。他想向我展示两招，但我充满愤恨，击倒了他。我打得非常重，他后来头疼了两天。

“那之后就不再有暴力了，但我还是反叛着，走上青少年犯罪的道路。他们把我从高中踢出去三次，后面我听说只要我一走，整个学校校风就好很多。幸运的是，在宾州他们有非常好的高中橄榄球项目，有一天助理教练说：‘天哪，埃德加，我看你在街角晃荡，鼻青脸肿，抽着烟；我猜你肯定不敢来我们球队。’他真是个聪明人。我接受了他的挑衅，加入了球队，那是我蜕变的时刻。我从一个麻烦缠身又不断惹麻烦、抽着烟、打着架、追着女孩的顽童——还有更糟的——变成了一个痴迷运动的好学生。我玩橄榄球、掷铁饼，还玩摔跤。做坏男孩要消耗很多能量，而我发现这些能量还是以运动的方式消耗比较好。”

埃德加的父亲拒绝帮助他申请大学——“他试图阻挠我”——这样埃德加高中毕业后就再无继续受教育的希望，尽管他拿到了好几所大学的橄榄球奖学金。他决定掌握自己的命运，在那个夏天去见了宾夕法尼亚大学的招生部主任，说服了后者让他进入大学。“第一个学期我在班里排名前30%，”埃德加告诉我，“我主修经济，上了很多文学课，还两次提名优等生联合会，这是对学校贡献最多的学生的荣誉。我的名字记载在宾州的橄榄球队和摔跤队里，还有跑道上。

“在哈佛商学院，其实我几乎根本没提出申请。我只是走到那里，和招生部副主任詹姆斯·L.‘莱斯利’·罗林斯聊了一下。他是那种有点特立独行的人，寻找不寻常的学生是他平时干的事情之一。我和他说我会这么做，我会那么做，他们应该录取我等等，最后他说：‘够了！你要学习的一件事是闭嘴，因为你5分钟前就已经被录取了。’我喜欢在那里：他们逼我逼得很紧。”

在哈佛获得工商管理学硕士学位之后，埃德加又在纽约的一家金融公司学习技能，然后自己经商，兼并小的家族工业制造公司。他一开始就做得很好，但是“后来经济状况有变，我们什么

都做不了。我的朋友在职场上遥遥领先，而我被困住了，在28岁的年纪，我连填饱肚子都困难。我非常沮丧，但我遇到了一位非常好的女士，哥伦比亚的一个艺术史博士生——非常非常有智慧——她说：‘埃德加，别放弃。’我听了她的话，然后果然成了一笔大单——天知道怎么成的——这一单成就了我。我用赚来的钱买了人生中第一件纳瓦霍人的织品，我之前还有德国表现主义艺术家的木刻呢，不过后来我没钱的时候把它们卖了。我不得不卖掉所有东西”。

我问埃德加是怎样开始接触天文的，他告诉我两件事情，不过它们在当时看起来都没什么结果。第一件事是他5岁的时候和母亲去参观华盛顿的美国海军天文台。那里的一个天文学家向他们展示了巨大的折射望远镜，还邀请他们晚上回来用用这台望远镜。但他们并没有。“我想了一下我妈妈的生活条件，她能带我去那里真是不可思议。”埃德加评论道。然后埃德加举家搬到农场，埃德加的父亲带回来一根铝管和一本阿尔伯特·G.英戈尔斯的经典著作《业余望远镜的制作》。埃德加兴奋得发狂——“我眼珠子都瞪出来了，心想：‘天哪！’”但那之后也没什么变化。相反，“我们买了很多很多牛，很快我们就开始在农场辛苦劳作起来。我父亲去世的时候，我平静下来之后去清理谷仓，在一堆旧物中我发现了那根管子，还有架上英戈尔斯的那本书”。

天文在架上尘封了数十年，直到埃德加在自己的乡下宅邸安装了望远镜，开始构想成为一名天文学家。“这辈子我过得还不错，但我想要点新的东西，”他说，“我捡起一本书，比如说《科学美国人》读的时候，会很受罪，我没法读完。我害怕自己如果想着去读天文学博士，就不能工作了，但一个朋友告诉我：‘如果一件事情毫无风险，就不值得去挑战。’我牢牢记住了这句话。在哥伦比亚我非常非常努力，早起学习，周末工作，每天忙到很晚——有时候通宵达旦。天体物理学是一种孤独的苦修，需要巨大的奉献，但我能有这种机会就已经非常感激。我狠狠地鞭策自己，很快就熬过去了。”

修建新望远镜花费了埃德加的很大一部分净资产（“几乎所有这样的望远镜，都会花费比你的预期多3倍的资金和多2倍的时间，毫无例外”），而且遭遇了太多挫折，他给自己的工程师团队起名为“堂吉诃德队”。他给望远镜起名为卡吕普索，因为“卡吕普索囚禁奥德修斯7年——大约就是建造这台望远镜花费的时间——而且据说有着不同寻常的好视力”。埃德加考虑了若干观测点，最终和基特峰商议，将望远镜建在了那里。它运转起来后，

埃德加开始了他的天体物理学家生涯，利用卡吕普索的锐眼，将球状星团中央蜂集的群星区分开来，并获得关于它们亮度和颜色的数据。“其实还有很多没做，”埃德加笑道，“我觉得自己像在横穿沙漠，许久没喝到水。我开始感觉到一种激动，但是从时间上来说，我已经精疲力竭——从财政上来说也是。”

午夜的时候，我操作着卡吕普索，结果望远镜不动了。在天文台负责人——法国天文学家阿德琳·科莱的陪伴下，我爬上室外的三级钢丝网梯子，到达高高的栖木，那里站立着望远镜——为了尽量使其适应周围的温度，它所在的小屋在夜间完全打开——我们把它推到停止工作的位置，然后重启电脑。阿德琳回到控制室，我在原地留了一会儿，在天台上，我有了一种在家中的感觉，没有同伴，只有望远镜和星空。

好的天文台都秉承一种哲学并一以贯之，这个天文台的哲学就是追随空气的动向。我脚下的平台是用钢丝网做的，可以让空气很好地循环。它足有34英尺高，使之在当地边界层以上——边界层以上的空气可以自由流动，边界层以下的空气则与地面摩擦，产生搅动——因此可以避免之前克莱德·汤博警告过我的“地面效应”。支撑望远镜的立柱越往上越细，以便减小风阻，避免风下降，搅动地面空气。一个巨大的通风系统把望远镜内的空气抽走，通过一根巨大的白色输送管把它排到很远的下风处，以最大限度减小空气扰动和望远镜零件温度升高产生的影响。这并非是说望远镜会产生多少热量：它的CCD相机是由液氮制冷的；装置的制作选用不怎么导热的材料，减少热传递；滑动屋顶关上的时候是气密的，白天空调持续工作，这样望远镜晚上工作的时候可以和周围空气温度保持一致。还有个“实验阶段的空气螺旋桨”被装置在那里，埃德加在他的计划书中写道，“为的是加速入风下行”。

望远镜本身看起来就像是火星人送到地球的探测器，它有着黑色镜身骨架、众多哑光黑色遮光板（当中还是有选择性地打了几个风孔，以防止它们在气流中乱动），还有一个独特的光学系统，可以随视宁度变化在千分之一秒内做出调节。它的表现也配得上它这么具有未来感的外形。定义专业望远镜运行是否良好，一般是看它能否在10角秒范围内瞄准目标；而这一台望远镜的精度是1角秒。一个优良的主镜总体精度应该能达到钠光波长的十分之一，完美的主镜可以达到二十分之一波长，而这个主镜可以达到十五分之一。望远镜和环境都够好的情况下，达到1角秒的分辨率，可以被定义为一流的望远镜；而这一台的分辨率是这个

标准的4倍，在晴夜可以达到四分之一角秒。（“自然也会让你服输，”埃德加叹道，“你打开望远镜，发现天不好，就这样了。”）我们圈子里的技术爱好者会接触很多考究的机器，从太空飞船到赛车，再到隐形战斗机，但望远镜和它们相比毫不逊色。

望远镜回应着阿德琳的远程指令，轰隆旋转起来，滑向我们列表上的下一个星系的坐标。我看着它沐浴在夜视灯的红光中，意识到它不仅是科学的产物，更是一种艺术——是埃德加骨白色曼哈顿公寓内悬挂着的早期纳瓦霍毛毯的现代版。采访过程中我问埃德加，吸引他的为什么是天文而不是别的科学。“我不是个传统意义上信仰宗教的人，”他回答，“但我想，对我来说，天文是一声惊叹，是精神上的拓展，是信仰的替代品。你知道，我做的事都不怎么循规蹈矩——但是天哪，我的一生都是在宣告，我不在乎别人怎么想。”

第十八章
黑暗世纪

我认识那古老火焰的讯号。

——但丁

这是我们的宇宙，奇境与美的博物馆，是我们的圣殿。

——约翰·阿奇博尔德·惠勒

石山上午夜已过，我在望远镜中对着一个小光点盯了好几分钟，那个小光点是我在一张手绘星图的帮助下发现的。它看起来是一颗星，但其实是个类星体，是遥远星系的发光高能内核。这一个类星体3C273还是挺亮的——通常亮度为12.8等，有时候会升到11.7等，然后又跌到13.2等——到现在它的光在宇宙中穿行了20亿年以上，光发出的时候第一个细菌刚刚在地球上诞生。如果你搭乘一辆H.G.威尔斯风格的时光机，它以眼花缭乱的一秒一世纪的速度把你带回从前，得用8个月的时间才能到20亿年前。此刻，在黎明前的平静夜晚，需要做的只是把望远镜瞄准天空中那个光点。我盯着3C273那古老的光看了一会儿，不禁想，与人类存在之前的过去的这么一次邂逅，到底是偶然还是必然。

大部分观星者观测的天体距离都不会超过室女超星系团的范围——就如一个世纪前，很少有人会看到比银河系更远的地方。但是一切都在变化，如今的目视观测者和CCD高手中，也会有人在凝视遥远古老的星系中寻得满足。

这些无畏的寻访者主要探索我们邻近的四个超星系团，它们分别在半人马座、英仙座、后发座和武仙座。

超星系团由星系团构成——一个或多个大的星系团加上很多致密星系团或星系群。有数万星系的室女超星系团被认为是个中等大小的样本，因为室女星系团是它唯一的主成分。它和半人马超星系团比起来就是个矮子，半人马超星系团距地2.5亿光年，从半人马座一直蔓延到长蛇座和唧筒座，其中泊着三个大星系团——长蛇I星系团、半人马星系团，还有IC 4329。每个星系团都有自己独特的朦胧美。长蛇I

因距离较远，需要比较好的目视条件：在暗夜条件较好的星空下，用中型望远镜就能看到它内核处的一对椭圆星系姊妹，附近还有一对看起来乱乱的旋涡星系，不远处可能还有另外几个星系。半人马星系团更好看，也许是因为它位于超星系团中比较靠近我们的这一侧：它内核暗弱，但却是一列壮观的巨型椭圆星系，旋涡星系和S0星系夹杂其中。在IC 4329星系团里，我们能在1度视场中一次性看到十几个星系，当中不乏珍奇，比如扇贝星系，这是一对正相互作用的星系，看起来像个打开的牡蛎壳。还有以其名字命名这个星系团的IC 4329A，它是个非常有活力的星系，内核非常明亮，容易被误认为是一颗恒星。半人马超星系团内还有值得探索的小星系团。它们都在南半球，你所在的位置越靠南，就越能更好地看到我们的邻居超星系团。

我们看向北天的英仙座——在稍微远一点，大约3000万光年的距离——我们会遇到一条长长的、宽宽的星系团链，它属于英仙超星系团，覆盖约90度天区和2亿光年的空间。它的中心英仙星系团，是一群致密的椭圆星系和S0星系。业余爱好者史蒂夫·戈特利布能用一架17.5英寸的望远镜分辨出58个。它们如鸟群般盘旋，引力场的渗透非常明显，将星系绑定在星系团核内。确实，天文学家通过研究英仙超星系团的动态了解到，大量产生引力而不发光的物质——“暗物质”集中在星系团靠近内核的地方。其他四个富饶的星系团沿着英仙超星系团的主干分布。当中的NGC 383里有六个星系排成一列，呈现出壮观的链条。

我们的下一个台阶，是后发超星系团，它只包含少数大星系团，在观测者中却很受欢迎，因为它们当中有后发星系团，其内核中包含的可见星系在一个视场中比天空中其他任何星系团都多。我的一架18英寸反射镜配以低倍目镜（62倍），大约有0.75度的视场，在后发星系团中央能看到三四十个星系，不过要看到更暗的星系就得要高倍了。戈特利布用孔径差不多的望远镜加上220倍和280倍的目镜，用数个通宵，就能看到后发星系团所有的88个星系。

后发星系团是宇宙大尺度结构开创性研究者——美国天文学家乔治·阿贝尔的一个重要样本，他称它为“富集”、“球形”或是“规则”的星系团。阿贝尔在巡天的照相底片上鉴别出数百个星系团，把它们分为两大类——规则的（比如后发星系团）和不规则的（比如室女星系团）。不规则星系团看起来很分散，里面包含的大多是旋涡星系，星系间的活动空间很大。规则的星系团大体上是球形，里面基本上都是椭圆星系和S0星系，而且更加密集。后发星系团（阿贝尔1656）里的星系非常多，在只比本星系群大几倍的范围内塞满了上千个星系。

如今天文学家将阿贝尔的分类放在一个连续分布的某一侧，并强

调基本规律是星系团密度越高，椭圆星系和S0星系所占的比重就越大。在高密度星系团中，椭圆星系和S0星系可以比旋涡星系多出3倍，而在低密度星系团中，它们和旋涡星系的数量差不多是相等的。这个发现表明，星系团密度不同导致环境不同，影响了星系的演化。在密集的、球形的星系团中，由于如此大的质量产生了更强的引力场，旋涡星系以更高速度运行，在宇宙历史上会数次经过星系团内核附近，因而更容易与其他星系发生碰撞，或是遇到星系际物质云，使自身气体和尘埃被剥离，变成椭圆星系和S0星系。低密度的不规则星系团中的星系则很少会经过中心地带——偏远的星系可能一次都没有经过——而且不规则星系团的中央地区本来就稀疏，所以很多星系可以维持它们原本的螺旋形态。后发星系团的中心区，就是一个典型的致密规则星系团应该有的样子，大部分由无特征的圆形星系组成，而旋涡星系一般在星系团光环中，或是中心区的前面。中心区的前面则是个很大的范围——后发座和我们之间的距离大约有4亿光年。

武仙超星系团要更暗一些，对大多数目视观测者来说接近目视的极限了。它在5亿光年之遥，里面居住着10个显赫的星系团，包含400多个星系成员。它的中心是不规则的武仙星系团（阿贝尔2151），对喜欢找暗弱天体的观测者来说有磁石般的吸引力，椭圆星系和旋涡星系变化多样，妙趣横生，很多还在相互作用。戈特利布将它们列为“暗弱”、“非常暗弱”和“极度暗弱”，不过还是能看到几十个。

在这样的距离下，原本可靠的星图和星表都会支离破碎。为了帮助解决星云星团新总表（NGC）及其续编（IC）项目的谬差，业余爱好者和专业天文学家开始合作，致力于观测NGC和IC中所列的所有天体，以确认当中准确的条目并修正错误的条目。这个项目的元老小哈罗德·G.科温估计，“NGC表里至少有1000个已知或可能的身份问题，IC表里当然也一样（可能更多）”。他提到团队的动机包括“清理不确定的，并从中获得单纯的乐趣”。[284]借助最新、最好的星表，像肯·休伊特—怀特这样的业余观测者可以背负自己的17.5英寸反射镜，前往遥远的暗夜地区，“开上‘武仙座高速公路’”，然后在超星系团中的亮星系团之间的“小路上闲逛”，找到星系形态表（MCG）和乌普萨拉星系总表（UGC）中许多非常隐蔽的星系。“要成功追踪到它们，”休伊特—怀特说，“需要孔径、天气条件和观测者韧性的结合。”[285]

我们还能看得更深。北冕星系团，是北冕超星系团（“CorBor”）的明珠，位于距离地球10亿光年之外的地方，但仍有目视观测者向它发起了挑战。用高倍目镜仅仅是“让两个个体中间有点空隙而已”，史蒂夫·戈特利布设法在内华达山脉7000英尺高的山顶辨认出其中6个星

系。“在每片昏暗的光芒中都要停留几分钟，”他建议道，“享受这种侦察10亿年前启程的光子的满足感。”[286]

10亿光年是个非常可观的距离——超过可观测宇宙范围的5%——现在可能是理解在更大参考系下超星系团位置的时候了。在距离地球10亿光年范围内有80个左右的超星系团，由大约16万个星系团组成，包含300万个大星系和大约3000万个矮星系。要在如此巨大的尺度上识别一些形状，得要聚集并解读大约1万个星系的信息。这个壮举在近几十年来已成为可能，这要感谢配置了纤维光学系统的巡天望远镜，它能够同时分析许多星系的光。

这样的研究表明，宇宙最终会被组织成泡泡般的结构，泡的直径约为2.5亿光年，两个或多个泡的壁相互作用，构成大质量超星系团的致密区域。后发超星系团就是这样区域的一部分，被称为巨壁。它长达50亿光年，歪向我们的视线，就像把一把尺子的一端靠近看这把尺子的眼睛。它的范围从3.5亿光年远的狮子座，一直延伸到5亿光年远的武仙座，在那里它遇上了武仙超星系团。英仙—双鱼超星系团可能也是另一个泡泡的相交处，它侧面对着我们，所以更加容易分辨。

看到这些结构等级——星系在星系群和星系团内，星系群和星系团属于超星系团，超星系团则是泡泡的壁——我们自然而然会想知道泡泡是否还属于更大的天体。答案看起来是否定的，泡泡是最大的了。但如果你取多个泡泡的平均值，宇宙看起来就是非常平滑均匀的。你可以想象一座森林，在比较近的范围内取样，然后再到远处取样。以直线穿过森林，你会经过树木丛生的环境：要么是在树间穿梭，要么是撞到树，有时候你会穿过开阔的草地，然后在草地的另一边又撞到树。但若航拍一张森林的照片，在图片上画出网格，在格子里以足够大的范围取样，计算树的数量，你就会发现森林里树的整体密度是均匀的。在这个模型中，树代表星系，草地是宇宙泡沫里的空隙，而这片森林就是宇宙。

这个发现可令宇宙学家放松一些，他们一直假设，如果在一个大空间内取样，会证明宇宙是均匀（星系是均匀分布的）且各向同性的（从任何方向观察都一样）。而使生命成为可能的非均质性——物质的局部聚集会产生行星、恒星、星系、星系团、超星系团，还有泡泡——最终会归结为宇宙学尺度上的均质分布。

但若宇宙整体有如木薯粉般平滑，那么这些团块从何而来？这是宇宙学上最有趣的问题之一，也将引导我们去思考关于宇宙大爆炸和宇宙膨胀的问题。

埃德温·哈勃在威尔逊山上为星系拍摄照片时，在观测伙伴——前天文台门卫米尔顿·赫马森的帮助下，发现了星系正在远离彼此，且速度和它们之间的距离直接相关。哈勃和赫马森不确定这“速度—距离关系”——今天被称为哈勃定律——的成因，但他们了解到爱因斯坦广义相对论对这一点做过预测，广义相对论暗示宇宙要么是在膨胀，要么是在收缩。相对论和哈勃定律想告诉我们的并非是星系在太空中穿行——尽管它们从某种意义上说确实是在穿行，比如它们绕星系团的内核运行——而是宇宙空间本身是连带着星系一起膨胀的。因此，哈勃定律是在说：星系距离越远，它所在的空间膨胀速度就越快。假使你持一根橡皮筋，用墨水在上面点几个距离相等的标记，每两个中间隔1英寸，就像这样：

A B C D

每个点都代表一个星系。现在缓缓拉伸橡皮筋，模拟宇宙空间的膨胀，1分钟过后，相邻的两个点之间就有2英寸的距离了：

A B C D

星系A和星系B之间的距离在1分钟内从1英寸增加到2英寸，相互之间的退行速度就是1英寸/分钟。但要注意，星系A和星系C的距离也加倍了——从2英寸变成了4英寸——所以星系A与星系C之间的退行速度就是2英寸/分钟，是A与B之间的2倍。同样地，星系A和星系D的退行速度就是3英寸/分钟。于是我们就有了一个呈线性的速度—距离关系：测量时两点之间每相去1英寸，它们的相对速度就快1英寸/分钟。别的星系——星系B、星系C和星系D上的观测者，都能在自己的星系上观察到相同的现象。将橡皮筋上的一维线阵替换成三维空间，就是膨胀中的宇宙。

如果事情真的如此简单，决定宇宙膨胀速率的“哈勃常数”只需通过测量几个邻近星系的速度和距离就可以直接算出来。然而，物质的成团性让整个过程都复杂化了。星系团是因引力绑定成团的，即便是像本星系群这样并不很富集的星系团也是如此：它们的内中空间并不膨胀，所以测量本星系群内我们的同胞星系，并不能告诉我们宇宙膨胀的速率。室女超星系团在膨胀，但因其自身的引力网，速率也是迟缓的。本星系群和室女星系团彼此分离的速率也因这个引力网而减慢很多。要排除种种干扰因素观测到宇宙膨胀——“纯哈勃流”——就得看得更远，望向别的超星系团，但这样的话又变得难以精确测量星系间的距离。因为这样那样的原因，天文学家至今还不确定哈勃常数的

精确数值。

不巧的是，膨胀速率可以揭示宇宙的年龄——从半人马超星系团到巨壁乃至更远，这些地方曾经都在一起，它们达到如今这么遥远的距离所花掉的时间就是宇宙的年龄。你拉伸橡皮筋的速度越快，达到指定长度的时间就越短；所以如果哈勃常数越高（即宇宙膨胀速率越快），就意味着宇宙越年轻。研究宇宙膨胀的多数天文学家估算出的宇宙年龄在110亿到200亿年之间。这个数值与目前已知最老的恒星年龄非常吻合，那些恒星在球状星团中，大约120亿岁。

宇宙膨胀的开端被称作宇宙大爆炸，我们对它还一知半解。

我们了解的部分大多来自高能物理。理论学家从宇宙大爆炸后不到1秒的时间开始计时，然后从那里往前计算。不出所料的是，如今遍布全宇宙的所有能量在那时致密到只有一只高尔夫球那么大，这是一锅热气腾腾的原生汤，物质还没有形成任何亚原子层面上的稳定结构。熟练推演简单结构如何历经时间演化的高能物理学家，能够通过对粒子加速器和星系的观测检验自己的计算。

他们的成就之一与不同元素的相对丰度有关。物理学家的计算表明，火球膨胀又冷却的时候，宇宙中约有四分之一的氢应该曾被核聚变转换成氦。而且可以肯定的是，宇宙确实有四分之一都是氦。恒星也将氢熔成氦，但是几乎没有恒星有足够的时间来产生这么多氦——无论如何，氦也广泛存在于星系际云中，而那里几乎没什么能产生氦的恒星——所以这显然是宇宙大爆炸的功劳。

另一成就则关乎宇宙微波背景辐射——时间起点后的30万年后，光被释放出来，遍布宇宙，那褪了色的光芒到今天仍旧能被观测到，但是它被后继的空间膨胀拉曳成了长波段微波辐射。这个背景辐射在空间中被高空气球上的探测器观测到了，它的广度和光谱特点都曾被理论预言过。此外，背景辐射的分布在预期的尺度上呈现出不均匀性，而星系和宇宙泡的种子就于此产生。大爆炸理论严肃且精确，因为它的预测被证实过——膨胀速率和恒星年龄的一致性、氦元素的丰度，还有宇宙微波背景的存在和余象——并且能拼成一幅连贯的图景。

宇宙大爆炸并非发生于一个预先存在的空间，它自己就是个膨胀的空间，从无穷小的点膨胀到我们今天看到的往各个方向飞散的星系的宏大阵列。现在就和刚开始的时候一样，并没有任何地方离产生大爆炸的地方更近或者更远：它发生在这里，发生在那里，发生在各处。因此无人占据宇宙中心，就像没人占据地球表面的中心一样。任

何地方的观测者看到的景象都是一样的——退行的星系比过去都要遥远，距离与日俱增，背景辐射在身后发着光。

还有很多未被了解的事物。我们尚不知是什么触发了大爆炸（也许是一个把其他宇宙的空间聚集成核的泡泡），或是什么在宇宙结构中种下了种子（可能是磁流量子事件，也就是随机的亚原子粒子从真空中出现），甚或是宇宙的大部分由什么构成（星系自转速率和它们在星系团中的轨道运行速度显示，90%到99%的物质都是不发光的；尚无人知道这种“暗物质”——还有暗能量——会是什么）。还有很多事情我们都不知道——无论如何，所有这些理论编织的梦，与望远镜前的观测者的活动到底有什么关系呢？

很多业余爱好者说，没太大关系。他们注意到天文学上很多惊人的进步源自观测者把双手放在更好的望远镜和探测器上，而不是源自理论推理。他们开始厌倦于谈论宇宙暴胀（关于宇宙起始膨胀速度比现在更快的理论）、精质（一种外来能量场，可以使亚原子粒子相互排斥）、弦理论（物质由多维空间的弦构成的设想），还有膜理论［这个理论中的弦更像是面条，该理论有一个说法，正如物理学家尼尔·图罗克解释的那样，“我们现在的宇宙是（一张）四维的薄膜，嵌在一个五维的‘大块’空间中”］。[287]

业余爱好者有自己的原因：宇宙学和别的任何科学最终都会回到观测，并且常常是以观测起步的。但观测从不代表对理论的无知：你至少得对自己要寻找的东西有个概念，才能看到一些东西。这就是为什么新手在第一次用望远镜看东西时会失望，至少没有看到土星环或月球环形山时那么激动：他们看不到许多东西，因为他们不知道要看什么。而一旦你开始寻找什么，你就得援引一种理论——或至少一种假说，假说就是有些人觉得是理论，但有些人并不觉得是理论的东西。

业余爱好者也可以做出有利于宇宙学的观测。其中一种很流行的方法就是寻找其他星系里的爆发恒星。当一个遥远星系中的恒星变成超新星，它的光变曲线（一个急升，然后长降）和它的光谱在某些情况下都可用以测量爆发时星系和我们的距离，这又能帮助我们判断宇宙的尺度和膨胀速率。

超新星有好几种，但没有哪一种被透彻了解。业余爱好者比较关心的两种主要类型是II型和Ia型。II型超新星的诞生是耗尽燃料的巨星坍缩后爆发所致（恒星坍缩的外壳撞击致密的内核，然后回弹，像一只弹在路面上的皮球）。它们主要出现于旋涡星系的恒星诞生区，偶尔在不规则星系中可见，在椭圆星系中绝少见到。Ia型超新星在所有

类型的星系中都出现过，也并不偏向于出现在旋臂内。它们被认为属于双星系统，且在开始的时候包括一颗大质量恒星——很大，但还没大到变成超新星——另一个相对比较小的伴星绕它运行。大质量恒星会很快演化到红巨星阶段，摆脱掉外壳，然后偃旗息鼓，变成白矮星。质量较小的伴星演化速度更慢，但最终也会变成红巨星。如果这两颗恒星彼此靠得足够近，白矮星会捕捉到红巨星那乱蓬蓬的外层大气的气体。白矮星持续不断地偷窃物质，一直增长到1.4个太阳质量——钱德拉塞卡极限，在天体物理学中相当于热核武器的“临界质量”——然后就会爆发。

对于宇宙学家来说，这个过程的美妙之处在于II型超新星涉及不同质量的恒星，而Ia型超新星很明显发生于一样的临界（钱德拉塞卡）质量。所以，所有的Ia型超新星爆发的力量和达到的亮度都是差不多的。过程并没有这么简单——这些东西从来就不简单——但Ia型超新星有一种潜在的、千篇一律的相似性。若果真如此，天文学家只需要这样一颗超新星的精确距离，就能大体上列出其他所有超新星的距离。这让Ia型超新星在测量其寄主星系距离并估算宇宙膨胀速率方面像“标准烛光”一样有价值：如果你知道一颗给定超新星的绝对亮度，你只需拿它的绝对亮度和它在天空中的视亮度比较一下，就可以得知它的距离。

寻找超新星意味着观测星系——目视、摄影，或是用CCD探测器——和寻找之前未曾见到的恒星。如果你发现有颗星确实是超新星——或者不是，比方说，其实是一颗小行星经过视野——而别人之前都未曾注意过，你就是为科学做出了贡献，做出了在宇宙学上有重要意义的发现（不过它不能以你的名字命名，超新星的编号由年份加上一个代表发现顺序的字母组成。超新星2001a是由伯克利天文学家和俄勒冈州卡蒂奇格罗夫优秀的业余超新星猎手迈克尔·施瓦茨组成的专业—业余团队发现的，这是2001年被发现的第一颗超新星；由北京天文台发现的2001b是第二颗）。

少有超新星在望远镜发明前被发现，因为很少有超新星亮到肉眼可见，但若有，必然会给人留下不可磨灭的印象。

中国、日本、韩国、欧洲和阿拉伯地区的古代观测者都留下了有关1006年超新星的记录，这颗超新星亮到白天用肉眼可见；中国观测者在1054年又记录到一颗（这颗超新星比金星亮多了，1054年的时候在大白天都能看到，持续23天，并且在之后的653天里都保持着夜晚肉眼可见的状态）。古代观测者无法精确描述这些奇怪东西在天空中的位置，而现代天文学家得以弄清楚，1006年的那颗超新星产生了一个射电噪遗迹，如今编号为PKS 1459—41，而1054年的那颗产生

了蟹状星云。蟹状星云在小型望远镜中清晰可见，目前直径约10光年，还在急速膨胀，人在一生中是可以看见其变化的。（最早发现它在增长的是洛厄尔天文台的卡尔·奥托·拉普兰，发现时间是1921年。哈勃空间望远镜拍摄的高分辨率图像显示了星云内部结构在数天内的变化。）在它的中心，有一颗脉冲星——是一颗爆炸后的恒星留下的瓦解内核，正飞速自旋，体积不比一个城市大，质量却相当于一个地球，发射出每秒33次的光和射电的脉冲。业余CCD图像显示这颗脉冲星的亮度大约是16等，但因为它的脉冲速度太快——比每秒30帧的电视机画面还要快——它看起来非常稳定，像一颗普通恒星。

两颗明亮的超新星帮助唤醒了文艺复兴时期的天文学家，使他们认识到一个事实：亚里士多德是错的，星空不是一成不变的。第谷在1572年一次饭后散步中发现仙后座内的一颗“新的恒星”，不禁停下脚步。“我从小就对天空中的星星了如指掌，我很清楚那片天空并没有恒星，即便是最小的，更别提这么明显、这么亮的，”他回忆道，“我被这个景象惊呆了，我毫不愧疚地开始怀疑自己的眼睛。”[288]笃信经验主义的第谷把它指给几个朋友看，朋友们证实他们确实看到了它，也接受了这颗“新的恒星”的存在。约翰内斯·开普勒研究了1604年在蛇夫座的那颗超新星。他秉承和第谷一样的怀疑态度，承认它可能像很多人猜测的那样，是一颗天然的新恒星。“但在确认之前，我认为我们还得试试别的可能。”[289]超新星遗迹今天被编目为射电源3C 10和3C 358，但人们一般还是用第谷和开普勒的名字称呼它们。

要监测数量巨大的超新星就得用望远镜了。在20世纪大部分时间里，它们的发现几乎都是专业天文学家的成果——其中两位是威尔逊山的沃尔特·巴德和弗里茨·兹威基，他们于1933年发明了“超新星”一词，以形容它比新星（就是间歇性暴亮的恒星）更亮。想加入这个搜寻游戏的业余爱好者会感到受挫，因为他们缺乏广泛可用的照片和星图，用以和天空进行对比，判定视野中除了最亮的恒星以外任何新出现的天体。这样的星表一般都很贵，鲜有爱好者能买得起，而拍摄重复的星系图片也是费钱费时间的。直到1968年，20世纪才出现了第一颗由业余爱好者发现的超新星，约翰·凯斯特·贝内特是南非的一名政府职员，他搜寻彗星的时候，在M83星系发现了一颗9等的爆发恒星。

澳大利亚新南威尔士州库纳巴拉布兰的罗伯特·埃文斯牧师解决这个问题的方法，是想方设法搜集星图和照片。他天赋异禀，能够记忆上百个星系上的恒星图案，他极快地从一张图跳到另一张图，经常能在1小时内扫描100个以上的星系。埃文斯效率非常高，从1986年到1991年中期，在他的前院发现了17颗超新星；这段时间里伯克利天

文学家的自动搜索项目（用加载了CCD的望远镜，其孔径大约是埃文斯望远镜的2倍）也只发现了20颗。这启发了埃文斯，他推测“如果可以利用类似伯克利那样的一台望远镜进行目视搜索，并且假设能得到和伯克利小组一样的望远镜时间，获得的结果也许会是类似的”。[290]埃文斯为了检验他的设想，获得了一台大型专业望远镜的观测时间，那是赛丁泉天文台的40英寸望远镜。尽管它的控制系统不甚精确，找起星系来比他自己要慢很多——他平时只需用手推动他自己的16英寸望远镜镜身——但他1小时内还是观测了近60个星系，观测到已存在的超新星的速度等于甚至超过了佩斯天文台的自动搜索项目。“目视搜索的价值再一次被证明。”埃文斯在一篇分析他观测结果的科学论文中总结道。[291]

目视搜索超新星本身就是一种奖励——毕竟，你是在看星系啊——但成功搜索到超新星的概率是很低的。一个中等大小的旋涡星系每30到50年才产生一颗超新星，所以如果你每晚检测30到50个合适的星系，坚持一年，才可能有机会看到一颗超新星。但是要成为第一个看到的人就意味着还得打败竞争者，而竞争者总是存在的。当埃文斯牧师创造自己的纪录时，这个世界上搜索超新星的业余爱好者太少，甚至都不能凑成一场足球比赛，但这一点无损他所获得的令人肃然起敬的声誉。到2001年，人数已经够组建一个足球联赛了，当中大部分人还有CCD相机。CCD加载于一架望远镜上，只需几秒钟的曝光，其敏感度就可以超过人眼，曝光时间再长点，就可以超过任何目视观测者用任何望远镜观测的能力。CCD在明亮的月光下也能有优秀的表现，而目视观测者就会受到牵制；再加上全电脑控制的望远镜，它们就可以在“观测”者晚间打盹的时候继续搜寻大量星系。

专注的业余爱好者使用CCD，令超新星搜寻项目如虎添翼，可以媲美甚至超越专业天文工作者的成就。迈克尔·施瓦茨在俄勒冈州和亚利桑那州都有用于搜寻的望远镜，亚利桑那州的那一台是极具现代感的32英寸RC望远镜，聚光能力比他的同事们在利克天文台安装的设备还要强。他估算出自己每拍摄1400张CCD照片，就能发现一颗超新星。蒂姆·帕克特曾是一名挖掘设备推销员，他在自己位于佐治亚州山镇的家中工作室里，花费1万小时，建造了一台24英寸的电脑控制RC望远镜。“我实在没钱出去，也买不起昂贵的望远镜，”他回忆道，“所以我攒够了买光学系统的钱，之后的几年里我每个月都去废品站。那时候他们并不会回收所有物品，所以你能找到大钢板之类的东西。

我根据自己能找到的东西不断修改我的设计。真是个大工程。”[292]利用这台望远镜，加上朋友一直帮他检查不断涌出的CCD图片，帕克特在24个月中发现了31颗超新星。然后他建造了一台更大

的望远镜，计划用它卓越的聚光能力缩短曝光时间，每晚拍摄更多星系，而不是找更远的天体。“亮度每低1等，意味着多出2.5倍的恒星和星系。”他说道，“所以有时你得告诉自己：‘嘿，适可而止吧。’专业工作者拍摄它们的光谱，这对科学很重要，但一般如果亮度低于19.5等，他们就没法获得好的光谱。而我只需1分钟的曝光，就能获得更暗的天体图像。

“我说不清自己为什么要做这个，”他补充道，“我喜欢坐下来看着几百个星系，这意味着每一天都不一样。我不认为这种严格意义上的搜寻是纯科学的——真正的科学应该是拍摄光谱，你需要一台1米到3米级别的望远镜，还有一台光谱仪——但能为科学做贡献是很好的。而且，当然，这也和自我价值感有关。任何搜寻超新星的人都知道，发现一颗超新星关乎你的荣誉。”[293]

没机会使用像帕克特所用尺度的望远镜的超新星猎手，也许可以采用更聪明的搜寻策略来增加自己成功的概率，不过任何策略都有折中。邻近星系的超新星最容易看到，但也有很多人在盯着同样的星系看，可能只是为了好玩，这就降低了你第一个发现超新星的可能性。椭圆星系和侧面朝向我们的旋涡星系都是相对来说概率不高的星系——椭圆星系不太产生II型超新星，侧面朝向我们的旋涡星系的星系盘中的尘埃会盖住超新星，而超新星又不太会出现在星系边缘处。[294]但你的竞争对手也知道这一点，会转而忽略它们，所以也许你能专注于这些星系以获得优势。就是这样。

正如巴斯德所说，机会留给有准备的头脑，但也会有几乎毫无准备的观测者发现超新星。1994年，就在业余爱好者在涡状星系发现一颗超新星之后，这颗超新星又在更早的一张CCD图像里被发现，那是宾夕法尼亚州油城中学的两个学生——希瑟·塔尔塔拉和梅洛迪·斯潘塞操作劳希纳天文台的一台30英寸自动望远镜拍摄的，这是“薪火宇宙”项目——加州大学伯克利分校实施的一项科普项目的一部分。（卡尔·彭尼帕克是负责这个项目的天体物理学家，他告诉我：“各种各样的学生都参与了超新星的搜索——从高中优秀毕业生代表到小混混，还有只有四年级阅读水平的诵读困难儿童。

我不确定他们学到了多少，但多少都学到了一些东西。”[295]）塔尔塔拉小姐说，他们指挥机器望远镜拍摄那张照片，只是因为涡状星系“看起来很有趣”，结果它成了在一颗超新星亮度暴增时拍下的最早的照片之一。

一旦发现超新星，观测者就会给当局发信——一般是天文电报中央局——并确认别处是否有人先于自己发现它。可以想见，这个过程

可能充满了失望。

1993年，新墨西哥州银城的业余爱好者A.威廉·尼利拍下了M81星系的清晰CCD图像，却没注意到里面有一颗明亮的超新星出现在其中一条旋臂上。接近15个小时之后，另一位爱好者——马德里的弗朗西斯科·加西亚·迪亚斯用一架10英寸望远镜目视发现了它。[296]不过尼利至少还可以安慰自己，他的CCD图像提供了非常有用的恒星爆发时的亮度数据，这是他在它的亮度仍在增长时拍下的。

16.8万年前，大麦哲伦云内的蜘蛛星云边缘有一颗恒星爆炸，它的光芒于1987年2月23日抵达地球。它亮到不用望远镜也能看见，这是从1604年开普勒以来首个肉眼可见的超新星，是个历史事件。奥斯卡·杜阿尔德是智利安第斯山脉拉斯坎帕纳斯天文台40英寸望远镜的夜间助手，他出去检查夜空清澈度的时候，注意到蜘蛛星云区域看起来比平时要亮。他回到圆顶屋，想要把这件事告诉里面的天文学家，但他们都很忙，亟须他的帮助，事件发生期间他什么都没说。伊恩·谢尔顿曾是一位业余爱好者，当时他正住在山上，忙着自己的毕业作品，他用一架10英寸“天体照相仪”——专门用于摄影的望远镜——拍摄了蜘蛛星云区域的照片。风力渐强，把棚屋的屋顶给吹得合上了，所以谢尔顿停止工作，开始处理底片。他很快就注意到了这颗“新”的恒星，跑出去在天空中看到了它，然后向圆顶屋内的天文学家汇报了此事。谢尔顿因发现了超新星1987A而被载入史册。杜阿尔德则没有。罗伯特·麦克诺特也没有，他在澳大利亚拍到了那颗超新星，却没有处理自己的胶片；还有阿尔伯特·琼斯，他在新西兰独立发现了它，却晚了几个小时。

琼斯是个经验丰富的业余爱好者，有着观测过50万颗以上变星的声望，当晚早些时候，他看过蜘蛛星云，却没发现任何异常。这个看起来平常的观测在检验一种奇异的超新星“中微子制冷”理论时扮演了非常关键的角色。超新星爆发于恒星深处，坍塌的外层大气在那里轰击着致密内核。天体物理学家推断大部分能量都以中微子形式释放，中微子是低质量的亚原子粒子。中微子和物质的交互作用非常弱，可穿越行星而过，仿若无物——你在阅读这句话的时候就正有5000亿个中微子从天而降，穿过地球，穿过你的身体——所以当爆炸的光还在试图突破恒星表面时，它们已离开爆发的恒星，顷刻间飞往太空。根据理论学家的推演，光通过恒星内部，然后释放到太空，大约需要2小时。如果是这样，那么超新星发出的中微子会在超新星的光出现在地球天空的2小时之前抵达地球。但当时这只是个理论，还没人做过观测。

超新星1987A爆发时，俄亥俄州克利夫兰和日本岐阜县神冈町的

地下探测器确实侦测到了它发出的中微子。这是第一次观测到从太空来的中微子，发生于2月23日，世界时（UT，又叫格林威治平时）7点35分41秒。物理学家知道了谢尔顿的超新星发现之后，意识到他们发现的中微子可能正来自这颗爆发的恒星。要揭开谜底，就得知道第一缕光出现的时间。如果理论是正确的，光第一次抵达就应该是在世界时9点35分，即中微子抵达地球2小时后。罗伯特·麦克诺特最早捕捉到这颗超新星的照片，是在世界时10点30分拍摄的，距离中微子被侦测到不超过3小时。这正从某一角度证明了这个理论——至少需要2小时——但另一方面，光是否比预期跑得要快，在世界时9点30分之前就到了？幸运的是，就在世界时9点30分左右——新西兰晚间的时候——琼斯目视观测了蜘蛛星云，没发现什么异常。正如夏洛克·福尔摩斯那只不吠叫的狗[297]一样，他没看到那颗超新星，正说明光抵达的时间不会早于中微子发出后2小时。所以关于恒星爆发的一个重要理论被证实，要感谢以下这些人不知情的合作：在克利夫兰和神冈町地下中微子探测器旁工作的物理学家，一个当时在观测变星的新西兰业余爱好者，另一个正拍摄星空的澳大利亚业余爱好者，以及一位拍自己照片的、业余爱好者出身的智利专家。如果要选一个时间，在这一天，天文不再是由孤独的专业科学家埋首于望远镜的阳春白雪，而是变成了一张由专业天文学家和业余爱好者组成的全球性网络，他们利用着数个国家的器材设备大大扩展了各自的威力，那么这一天应该是1987年2月23日到24日之间的夜晚。

一个业余爱好者只用望远镜能看多远？几十亿光年，如果被观测到的天体是类星体的话。

有些星系拥有——或者曾经拥有——明亮的内核，可以盖过它们拥有的所有恒星的亮度。这些明亮的内核就是类星体。这个名字的意思是“类似恒星的天体”。这么叫它是因为类星体最早被看成是奇怪的、孤立的恒星。类星体距离任何现有望远镜的观测范围太远，我们无法观察到它周围的任何细节，很多年以来对于它是否属于星系都存在争议——这个问题悬而不决，直到哈勃望远镜升空，拍摄了类星体图像后显示它们都位于星系中央附近。如今有确凿的证据表明，类星体是由一个大质量黑洞周围的物质呈旋涡状掉落时加热发光而出现的现象，而这种大质量黑洞占据着大部分星系的核心。

类星体光谱线沿着光谱的红端发生显著的移动，这提示它们可能距离非常远（这叫哈勃关系：在膨胀的宇宙中，天体距离越远，它的退行速度越快，因此它的光谱向低频的红光变动得越多，类似于一辆车飞速驶离时其鸣笛声的音高会越来越低）。我们不一定要相信天文学家的话：法国业余爱好者克里斯蒂安·比伊就是自己拍摄3C273光谱

的几个观星者之一，他自己得出了每秒45000千米的退行速度，表明它距离地球大约27亿光年。我们看得越远，看到的类星体就越多——至少在一定程度上是这样的。

望向遥远的太空，意味着望向飞逝的时间。这个现象叫作“回溯时间”，这使得观星者也成了历史研究者。“天文学家在某方面超越史学家，”美国天文学家艾伦·德雷斯勒说，“他们可以直接观测历史——就算不是他们自己的，也必定是其他人的历史。”[298]实际上，类星体在高回溯时间阶段数量众多，这说明它们是早期宇宙的居民。显然年轻的星系在内核附近拥有更多星际物质，可以喂养它们的类星体，几十亿年后类星体耗尽可用燃料，逐渐平息。人们有时候会问观星者，他们是否可以看到已经不存在了的星星。银河系里的恒星倒是不太可能，它们的光抵达我们所需要的时间——几百年或者几千年——只是恒星生命中非常短的一个瞬间而已。但对类星体来说是这样的：我们见到的类星体在这几十亿年里几乎都已经停止闪烁，因为光从它们那里出发之日，正是它们坍缩之时。

类星体光度非常强，如果本星系群里的成员有这样的类星体，它的亮度会超过满月。即便距离遥远，在小型望远镜里还是能看到几十个类星体。它们彼此并不形似，只是光点的聚合，但自有一番疏远的冷艳。

少数类星体恰好躲在星系或是星系团背后，它们的引力让类星体的光弯曲到朝向我们的方向，在天空中呈现出很多相同的类星体的图像。大部分类星体亮度不同——也许是因为给黑洞提供能源的物质卷入其中的速度快慢不一——天文学家可以通过对比这些“引力透镜化”的类星体光变信号的不同到达时间，来推算光子通过不同路径到达我们视线的路程差。这样的观测难度很大，但理论上他们可以放弃对类星体和前景星系直接的、几何学的距离测量。拥有大型望远镜的业余爱好者在大熊座、狮子座和猎犬座内都曾观测到引力透镜化类星体。牧夫座的四叶形类星体，就是一个类星体在天空中呈现的四个影子，但它们在天空中相距甚近——仅1.36角秒——非常难区分。飞马座的爱因斯坦十字也呈现出四个影子；其中两个是17.4等，另外两个更暗一些，一个是18.4等，一个是18.7等。一个叫作CGCG 378—15的14等星系，位于十字的中央。芭芭拉·威尔逊在麦克唐纳天文台停车场架设了一台20英寸的望远镜，发现了这个引力透镜星系和它的两个更亮的伙伴，然后用一台36英寸的多布森望远镜发现了另外两个。她用“余光”法——不直接看向目标天体，而是用人眼中对光最敏感的部位去看——可以一次看到一到两个类星体的鬼影，但从没一次达到过四个。“我从没自己独立看到过爱因斯坦‘十字’，”她记录道，“因为如

果要看到‘十字’，你得一次性看到四个图像。”[299]

除此以外呢？大型专业望远镜主导的研究显示，类星体数量随回溯时间增长而不断变得密集，一直到大爆炸后约10亿年——但再往后数量就陡然下降，即便它们亮到在更远处都能看见。数量骤降的原因在于这段时间是最原始的黑暗世纪，星系及其中央的类星体还没形成。这就是天空在夜晚是黑色的原因。如果每一道视线最终都终结于某一颗恒星的表面，天空应该是一堵耀眼的光墙。然而，在100亿到200亿光年外，黑暗笼罩一切。

宇宙中的任何观测者看到的邻近太空都是现代时间的，古代时间在更远处，然后就是墨黑色的黑暗世纪。此外，能在射电波段中被分辨的，就是宇宙微波背景的柔光，大爆炸本身的将死的光。这就是我们所居住的宇宙——一窝时空的蛋，在靠近边缘处最为明亮，然后就坠入黑暗和背景的柔光。

数年前我在得克萨斯州奥斯汀拜访了物理学家约翰·阿奇博尔德·惠勒。他随手画了张图，用一个点代表大爆炸，弯曲的U形喉咙从大爆炸中膨胀延伸，最后终结于一只眼睛，而眼睛看向那个原点。这代表他不断努力厘清我们在宇宙中的角色；作为观测者和思想者的我们，在宇宙演化过程中诞生，却能够区分我们与世界，并分析它们——犹如置身于世界外部，即便我们并不能离开这个宇宙到外面去。惠勒在自己的一本书中，把我们的处境与传说中亚伯拉罕与耶和华的一段对话做比较：“耶和华申斥亚伯拉罕：‘若不是我的缘故，你甚至都不存在！’‘是的，我主，我明白，’亚伯拉罕答道，‘可若不是我的缘故，你也会不为人知的。’”[300]

“这还不算准确。”惠勒说着，用食指敲了敲画面。任何试图搞清楚人类心灵和更广阔宇宙的关系的人，可能都会这么说，尽管有些人比其他人作用更大。我觉得，这就是人类的意义。我们观察，试图理解，然后表达观点，如果我们对自己诚实，就会承认“这不尽准确”。但我们一直在努力，我们知道自己永远不可能了解全部，但我们相信只要坚持，我们就能一直做得更好。

生活和宇宙一样，无时间之处围绕着黑暗，凝视死亡也许是天文和其他人类奋斗行为的主要动力。为祝贺生命遇到死亡时的无所畏惧，我们钟爱托马斯·霍布斯（“我将要进行我最后的旅行，向黑暗纵身一跃”）、路德维希·维特根斯坦（“告诉他们这一生我过得很精彩”）和苏轼（有人奉劝他，人须尽力前往西方极乐世界，他回答，“著力即差”）的遗言。也许，要死得没有遗憾——或者说是活得没有遗憾——关键在于拥有值得回忆的一生。到一切结束之时，黑暗

将永久降临，我们有必要记住，除了人间的情缘往事和这个星球上大自然的多姿多彩——黎明的鸟鸣，拍岸浪花的怒吼，飓风之眼中空气的甜香，蜜蜂在野花间的劳作——还有一些关于其他世界的回忆。若你见过太阳边缘喷发的等离子拱桥、火星上掀起的黄色尘暴、从木星阴影中浮现的暴怒的红色木卫一、土星金环、天王星绿点、海王星蓝斑、人马座的闪烁星场、相互作用的星系之间相连的纤细卷须，若你见过极光和流星划过天空，留下寂静的痕迹——简而言之，如果你不仅见过这个世界，还见过其他世界的一些东西，那么，你是真正活过的。

所以，只要生命还拥抱着我们，只要我们还拥有生命，就让我们睁开双眼吧。

天文台日志：黎明的密涅瓦

第一缕日光触摸山巅时，我还在涡状星系的身影上流连，那是个骨白色旋涡星系，飘浮在已开始亮起来的蓝色天空中。密涅瓦是当地的一只猫头鹰，它发出最后一声鸣叫，而后就归于阒寂。天文台建台前密涅瓦就居住在这里，我以黑格尔的这句格言为它取名："密涅瓦的猫头鹰只在黄昏飞翔。"这也许是黑格尔最值得我玩味的一句话。[301]它的沉寂象征夜晚结束，我将望远镜倾斜到收工的姿势，盖上主镜，收起冰冷沉重的目镜，合上屋顶，走下山坡。今夜没有发现超新星，但百万超新星的光束就在那里，以最快速度向我们跑来，也许某一晚我会成为抓住其中一束光的第一个人。晚归的蝙蝠穿过洁白如洗的天空，潜入一片橡树林的黑暗中心，布莱克的诗在我心中浮现：

在黄昏飞来飞去的蝙蝠

离开了不信者的头脑。[302]

布莱克在问我："你相信什么？"我的答案不尽如人意，是"我不确定"。我相信那些旋转的星系是真实存在的，它们不是虚构的幻想：我贫瘠的想象力并不能召唤出它们。我相信我们与它们在某种意义上息息相关，但至于如何联系——换句话说，当笛卡尔二元论的残渣被荡涤干净，意识与物质究竟有着怎样的关系——我还是不确定。也许以艺术家和科学家的精神来对待生活就足够了，我们可以成为爱因斯坦所说的"肆无忌惮的机会主义者"，抓住能够利用的一切。布莱克自己也说："我不会去辩论或比较：我的任务是创造。"但他紧接着又说："我要么创造一个体系，要么为他人创造的体系所困。"[303]是我创造了一个系统，还是说我被囚禁在布莱克所嘲笑的仅仅知道了皮毛的科学系统里，在他轻蔑地称之为"蒙昧人"不可信的世界观里？这个蒙昧人看到了"几尼[304]般的太阳"，他说道。

真正的太阳正在升起，披着一件中国红色的高贵斗篷，为赤裸的树枝镀上金色，我不觉得它看起来像几尼硬币。第一次世界大战中，维特根斯坦在东方战线作战，每日都志愿投身于最危险的任务，冒着被狙击的危险藏身于天文台的塔楼。他在笔记本中写道：

我知道这个世界存在。

我置身于其中，就像我的眼睛在它的视域中。

有关它的某事是不确定的，我们称之为它的意义。[305]

经年之后他仍旧在思索："我有一幅世界地图。它到底是真是假？我的一切问题和主张都在此基础上建立。"[306]

在剑桥，有一次一小群学生聚集在他的房间里听他讲课，他对他们说："寻找答案这件事困难得让人想死！"的确如此，我想着，将一小块石头踢下山：如果不是这么难，我们就不会这么爱它了。探寻答案的活动，让灵长类动物的大脑从局限于周围扩展到了遥远的类星体：人类思想的极限为何如此难以抵达？"Mens aeterna est quaternus res sub specie aeternitatis"，斯宾诺莎写道，意思是"就心灵在永恒的形式下构想事物而言，心灵是永恒的"。[307]但这永恒的心灵究竟属于谁呢？

我回到家中，壁炉中仍有几块余炭在燃烧。我把手放在上方取暖，然后钻进被窝。合上眼之后的黑暗里，我看到的最后一个东西是涡状星系，它在一片蓝色汪洋中漂浮，无法磨灭。

附录

因此关于天上的事物，

我们必须陈述一些正确的原则，

什么促成了太阳、月亮的运行。[308]

——卢克莱修

附录A
观测技巧

观星和很多别的户外运动一样，从观鸟、钓鳟鱼，到划皮划艇、登山，你可以很随意，也可以很专注，可以让它成为快乐的回忆片段，也可以让它成为终身的热情。这些观测建议，是帮助你从零开始。

肉眼观星

最好的起步方法是认识一些主要星座——或者把它们教给孩子或朋友。你需要的只是一张星图、一支红光手电和一片夜空。本书中的星图很简单，适合初学者。（若需要更好的星图，可参考后面的附录F。）市面上有多种多样的红光手电，还有非常炫酷的变阻调光的发光二极管模组，不过你也可以在普通手电的灯玻璃上涂上红色指甲油，或是用橡皮筋在手电前端蒙一层红色塑料膜。（我曾用过面包包装纸，有人还告诉我红色汽车尾灯修补胶也能用。）这样的光既能够照亮星图，又不至于干扰到你在黑暗中的视力。如果你发现用了灯之后，先前能看到的暗弱天体没那么清楚了，就把光调暗一些，加一层塑料膜或再涂一层指甲油。

大部分人要达到完全的暗适应，至少需要20分钟，哪怕只有瞬间的亮光也会毁掉暗适应。为了保护暗适应，要避免使用没有遮蔽的手电（暗适应之后，你通常只靠星光就能看到周围），并且提前做好计划，以免观星的时候需要回到亮灯的房间，或是打开车门触发内灯（如果出于某些原因必须得暴露在亮光中，就闭上一只眼，这样至少还有一只眼睛是维持着暗适应的）。疲劳、观测姿势不舒适、吸烟和摄入酒精都会降低你的夜视能力。（吸烟会降低进入眼睛的血氧供应；饮酒会使瞳孔扩张速度减慢，减小瞳孔扩张的最大直径。）低血糖也是如此，所以观测的夜晚不要挨饿。

由于光污染的缘故，真正适宜观测的暗夜观测点如今愈发难以寻得——这是全球性的问题，每年有数十亿美元浪费在照明上，用一句玩笑话说，照亮的都是鸟的肚子和低空飞行的飞行器。莱斯利·佩尔蒂埃早在数十年前就预见到了这一点。“月光与星光将不再照耀农田，”他在《星光之夜》中写道，“农夫将其对月光和星光的与生俱来

的拥有权交出，换回了通宵达旦的日光所需的瓦特数。他的孩子们将永远无法体会暗夜的欢愉。”但要看清比较大的几个星座，并非一定要完美的暗夜，你只需找到一个遮蔽附近直射光源的遮蔽物。如果你的邻居就是光源的罪魁祸首，那就友好地和他们谈谈，请他们将室外的灯遮挡一下，让灯光可以照到他们原本想照到的东西，而不是天空，这样不仅美观，而且省钱（低功率灯泡也能达到同样的效果），你还可以请他们在应急灯上装运动传感器（可以改善性能，还能省电费）。要对付明亮的街灯，就得要更多有创新精神的解决方案。在康涅狄格州的乡下，天文摄影师罗伯特·吉德勒把望远镜拖到家门口车道上，就能拍摄天文台级别的CCD图像，此前他先踩着梯子把路上的街灯用黑色衣服罩上。一些比较倔强的天文爱好者会劝服市政管理部门遮盖一些光线特别强的灯，甚至是在上面安装开关。最终，对市政局来说，最佳的解决方案就是以高效能、有遮挡的灯替换费电的街灯，此举可节省税费，亦可将星空还给我们。亚利桑那州的图森是第一次采取这个方案的地方，在那里，即便是在城市商业中心的十字路口，都经常可以看到银河；80%的居民称，和之前耀眼的高压灯相比，他们更喜欢新的、有遮蔽的低压钠灯。要了解更多关于光污染的问题，可登录国际夜空保护协会的网站（darksky.org）查询。

在开始了解星座时，你得熟悉一下最基本的用于天文观测的角度测量法：伸直手臂，眼睛看向拳头，拳头的宽度大约是10度；北斗七星中的指极星大约有5度宽；满月则是0.5度。我们还可以辨认恒星的颜色。恒星是有颜色的，但它们给人的感觉非常主观，不同的观测者会用不同的颜色描述相同的恒星，这是很有意思的——尤其是靠近地平线的时候，大气反射会产生虚幻的色彩。

温暖的夏夜最适宜随意地观测，而寒冷的冬夜则往往有最壮观的景色。要在温度下降的时候维持观测的舒适度，你得穿得比自己估计的多：开始的时候就做好保暖工作，总比冷了再想起穿衣服来得容易。我冬季观测的穿着通常是长内衣、羊毛袜、羊毛裤、一件装有填充物的法兰绒工作衫、一件羽绒背心，还有一顶羊毛帽——在最冷的时候我还会再加一件极地大衣、一条围巾和露指手套。最重要的物件是帽子，因为身体热量是自下而上释放的，像个烟囱，热量是从头顶散失的。

满月的亮光会赶走天空中所有的星光，除了少数最亮的星星，所以观测的时间最好是月亮在地平线以下或亮面小于一半的时候（就是在上弦月之前的夜晚，或是下弦月之后的黎明前）。11世纪的中国诗人苏轼曾在满月的夜晚与朋友泛舟，喝酒吟诗；我做证，如今这依然是月夜极好的消遣。

即便在条件一般的天空中，也经常可以看见国际空间站之类的大型人造卫星，条件好的话更容易看见。最好的时候是日落后或日出前2小时内，这两个时间天是暗的，而卫星还在低轨道处运行，没被地球的影子吞没。要知道明亮的卫星什么时候经过你所在的地方，可以查询NASA的“升空去宇宙探索（Liftoff to Space Exploration）”网站，liftoff.msfc.nasa.gov。

黄道光——被黄道面上尘埃粒子反射的太阳光——在一些条件很好的暗夜可以轻易分辨，尤其是黄道在天空中较高位置的时候：这就只能是在热带了，而北半球高纬度地区看黄道光最好的时节是春季夜晚和秋季早晨。暮色褪去或是曙光未现的时候，寻找那发着柔光的金字塔形状，它的底部靠近地平线，尖端沿着黄道带往上伸展，大约二三十度高（两到三拳的距离）。更加暗弱的对日照，即日光在太阳反方向的反射，在极好条件下可见。要找到对日照，请在午夜时分寻找黄道带上靠近天顶处的大约10度宽（一拳）的光。

当太阳耀斑遭遇地球磁场，极光就会在天空中燃烧。极光一般出现在靠近磁极的地方，而且最好是在纬度极北或极南地区。阿拉斯加和加拿大北部一年能有近200次极光，美国南部一年仅有5到10次，而像加勒比海这样在北半球非常靠南的地区，或者像秘鲁这样在南半球非常靠北的地区，每10年才能看到一到两次极光。在纬度合适的地区，观测者可以通过网络查询太阳活动，比如spaceweather.com；在大型太阳耀斑爆发，可能会触发极光的时候，这个网站会发出通知。

如果肉眼观测活动适逢周期性流星雨，流星可以更好地活跃气氛。附录B是一些主要流星雨的列表。

用双筒望远镜观测

双筒望远镜的性能取决于它的放大倍率和物镜孔径：比方说，一架7×35的双筒望远镜的放大倍率是7倍，目镜直径为35毫米。对于天文观测来说，聚光能力一般比放大倍率重要。所以物镜的面积——πR^2很关键：物镜直径增加1倍，聚光能力增加4倍，所以50毫米双筒望远镜的聚光能力是35毫米双筒望远镜的2倍。在我的经验里，7×50双筒望远镜一般就可以兼顾聚光能力和适用性了。镜片的质量也很重要：我16岁那年买的7×35大视场双筒望远镜，是我用两年里帮人修剪草坪所得的所有月收入买的，性能超过我能找到的任何望远镜，特别优越的7×50望远镜除外。

75毫米及以上的双筒望远镜聚光能力更强，但也会更重，不宜长

时间观看，除非装在脚架一类的设备上。非常大的双筒望远镜，比如25×150的，是认真的彗星猎手比较喜欢用的，它们需要配置装置，但在良好的天气条件下，能展现惊人的美景。少数天文爱好者会把两架大反射镜组装起来，变成一副巨型双筒，只要光线对齐，就能展现出令人叹为观止的图像。

中心对焦型双筒可以让你一次对焦两个目镜，同时单个目镜也有自己的焦点来迎合一个人两只眼睛的差别。为这种双筒望远镜对焦，要先遮盖独立对焦的那一侧的物镜，然后用主轮调焦，再遮盖另一侧物镜，开始调独立对焦的目镜。不要用闭眼的方式调焦，因为眼部肌肉紧张可导致无法准确对焦。两个目镜独立对焦的双筒望远镜更便宜些，也能满足天文用途，因为你反正对焦的是无限远：省下来的钱可以投到提升镜片的质量上。

配置了三脚架装置或有稳像功能的双筒望远镜展现的月球和行星都很令人满意，而手持双筒望远镜适合巡视比较明显的彗星、像昴星团那样的大星团，还有银河。用一副装有脚架的双筒望远镜，再参考一份适宜的星图，你就能了解到关于银河结构的海量细节。你可以从梅西叶星表（附录D）中所列的明亮的星团和星云开始，然后向周围更大尺度的星野和星云探索。

使用望远镜

望远镜是工具，最好的望远镜可以给你最好的视野，让你在它通常架起的地方看到最想看的东西。要想对望远镜的好坏有个认识，可以参加当地天文爱好者协会举办的一些观星活动，体验一下不同的望远镜。向别人提问，也问自己想从望远镜中看到什么。一架大的多布森反射镜的聚光能力比小折射镜强很多，但也需要更频繁的校准，使镜片协调，而且每次都要拖到室外也是个负担。你经常使用的小型望远镜，强过一架放在柜子里积灰的大望远镜。

大孔径望远镜可以配高倍目镜，但放大倍率只是望远镜性能的一方面：如果光学系统不佳，那么高倍率也只是将一团模糊的图像放得更大。要避免购买仅强调其高倍率的望远镜（“可以放大到1000倍！”），这一般都是劣质光学镜片，用来蒙骗不懂的顾客。任何望远镜都可以放大到1000倍，但除非它有足够大的孔径，质量配得起这么高的倍率，否则不值得一看。

遇上糟糕的视宁度时，大望远镜并不会比小望远镜好，如果你的观测地的空气不够稳定，那么最好还是选择中等的设备。同样地，如

果夜空不够暗，你的望远镜是否能捕捉到像遥远的星系那样的暗弱星体，不是受制于你的镜片，而是受夜空本身所限。有经验的观测者在测试观测点的时候，会用不同孔径的望远镜从大到小测试：比方说，如果在6英寸到12英寸之间的时候表现最佳，那么这个地方用6英寸望远镜即可，你大可把钱投到光学质量而非孔径上。

如果你旅行频繁，我会建议你用小的便携望远镜。我自己就在登机箱里带一架小型的马克苏托夫望远镜，里面还能装几个目镜和一个小型三脚架，靠着这组设备，我在夜空中看到过的难忘景象比用任何天文台里的大设备看到的都要多。重申一遍：最好的望远镜就是你用得最多的那一架。

望远镜就像音响系统，整体性能受最薄弱环节所限，所以几个高质量目镜好过一堆表现平平的目镜。在目镜前插入巴罗透镜，可以使目镜倍率增倍。为维持长期的优良表现，你得好好保护你的光学系统。将目镜保存在密封箱内，望远镜不用的时候要盖好盖子，你也无须经常清洁镜片。我自己用镜头纸和天然棉球（非合成）蘸取乙醇及蒸馏水清洁目镜。实际操作起来简单有效，且不会刮花镜面——在镜片上哈气，然后用衣角擦镜片，可是会刮花镜面的。物镜或主镜若保护得当，经年都不用清洁。若确有必要清洁主镜，就将其浸入清洁剂中，以蒸馏水冲洗，再以吹风机吹干，然后重装并校准。折射镜物镜外侧的表面可用和目镜一样的方法清洁，内侧表面则很少需要维护。长期暴露于露水中可导致镜面污损，所以如果存在结露问题，就用吹风机或加热带使镜片保持干燥。

有转仪钟的赤道装置可抵消地球自转，跟踪天体——当你用100倍目镜观测的时候，这种自转速度看起来要快100倍——简单的地平装置没有或少有跟踪功能，但更轻，价格更便宜。在低倍率下观看星系和星云，用地平装置就可以了。多布森就有着典型的地平装置，但也可装上驱动装置提供短时间的跟踪；后面如果有必要，你也可以随时置入赤道装置。选择装置，最重要的是要兼顾装置运行顺滑和重量足够在微风中稳固支撑望远镜。帕特里克·摩尔的建议是“估算你的装置所需的最大重量，然后乘以3”。

要对准望远镜，需要先查询星图，用小的低倍率寻星镜在视场中找到一颗亮星，然后在星图的帮助下用“星桥法”找到暗的天体。有了程控望远镜，星桥法就没用了，但它仍旧不失为了解星空的一个好方法。此外还要熟悉你常用的目镜的视野。每个目镜都有自己的焦距和相应的视野。望远镜物镜的焦距除以目镜的焦距就得出了系统的放大倍率：所以，25毫米的目镜装在1000毫米焦距的望远镜上，放大倍率就是40倍，装在3000毫米焦距的望远镜上，放大倍率就是120倍。

目镜的真实视场就是它的固有视场除以放大倍率：40度固有视场的目镜，在80度倍率下，呈现出的真实视场就是40除以80，即0.5度。同样的目镜装在更长的望远镜上，放大倍率为120度，那么真实视场就是40除以120，即0.33度，1度的三分之一。现代计算机程序可以帮助你做这些计算，同时在显示屏幕上产生视场的叠置图层，这样你就很容易将望远镜中的视野与星图对应起来。

一只眼看向目镜的时候，将另一只眼遮住，或直接忽略它，但不要闭上；这样看东西更放松，也更敏锐。用双目观测镜观测可同时使用两只眼，但好的双目观测镜价格昂贵，需要两副配对的目镜。而且双目观测镜不像真正的双筒望远镜，它并不能增加望远镜的聚光能力：实际上聚光能力还会略微降低，因为光束会被分开并进入一组棱镜。但是双目镜望远镜带来的心理作用很强大，尤其是看行星、球状星团，还有月球的时候。用装在高分辨率望远镜上的双目镜观看月球环形山，感觉就像在太空飞船上绕月飞行。

望远镜就像乐器，你的投入有多少，收获就有多少。目视行家威廉·赫歇尔告诫说，用眼睛观察“在某种程度上是一种你必须了解的艺术”，并提到他是靠“持续不断的练习”而获得敏锐的观察力。要有耐心：长时间地观摩行星或星系，比走马观花更能获得惊人和难忘的景象。观测接近视觉极限的暗弱天体时，试着把目光移开一点：眼睛的余光对光线比直接注视更敏锐，因为视网膜中央凹的感觉细胞比较少。将天体置于你中央视觉的上面一点，或是靠近鼻子处，效果最佳；要避免的是靠近耳朵的一侧，那里会有盲点，因为在这里作为数据端口的光学神经会穿过视网膜，进入内脑。闪视行星状星云（NGC 6826，天鹅座内）就是适合用“眼角余光法”看的一个典型例子，顾名思义：先直视目标，你会看到一个小小的、毛茸茸的光球；然后将目光移开一点点，这个行星状星云看起来就会突然变大了。

只需一点准备工作，观测活动就能受益良多。事先查阅星图，然后制作观测列表：这样你就能更多地把户外时间放在观测上，而不是去想下一个目标是什么。

月相也要考虑进去：月亮太亮时无法很好地观看星云和星系，你可以集中看行星、双星，还有月球本身。一点点学习就能带来巨大收获；你对自己观看的天体了解越多，就越能从观看中获得深刻的体会。

很多观测者会在观测活动期间做观测日志或观测记录，记下日期和时间，描述观测到的天体，评估大气条件。大气条件的两个指标是视宁度（大气稳定程度）和透明度（清澈的程度）。有些观测者用从

1到10的数值范围定级，两者都是分数越高越好。还有些人觉得1到5级就够，至少对于视宁度来说是足够了：他们注意到有时候你很难说视宁度到底是，比如说，7级还是8级，尤其是有时候大气湍流每小时都在变化，在相同的时刻，不同天区的视宁也不一样。有经验的观测者评估透明度的方法是看极区内肉眼可见的最暗星体的星等——因为那里的星星不会落下，而且在地平线以上的高度差不多。

一些伸展开来的深空天体，例如星系和星云，在高透明度、低视宁度的条件下会比较醒目；而看行星的时候，视宁度比透明度重要。我看火星最好的几次都是在有薄雾的夜晚，透明度很差，但空气稳定，能展现红色行星表面的细节。要记住的是地球大气的畸变效应在天顶附近最小，所以用望远镜观测天体的最佳时间是它过中天的时候，因为那时候它最靠近天顶。

还要记住：不要用未加滤镜的望远镜直接对准太阳。

拍摄

天文摄影一度没那么复杂。你能够选择的无非是底片格式、感光乳剂和一套标准的暗房技术——以及你能弄到多好的望远镜——仅此而已。如今你的选择就多了。传统摄影依旧流行，感光乳剂大大超越从前，市面上有很多适于天文摄影的高质量望远镜。CCD摄影发展迅速，不断有新的机遇，数码摄影和视频摄像也产出可观的成果。天文摄影从未如现在这么繁荣。哎，这也意味着，这个话题放在这里就太大了。

但我还是要说一点：如果你对天文摄影感兴趣，那就用你手头的或你能借到的随便什么装备去试一试。一台普通相机装在三脚架上，就可以用来拍摄彩色长曝光的、地球自转导致的星轨照片，还有流星雨和极光。同样的相机加载于配有转仪钟的望远镜上，曝光出来的星空细节比肉眼看到的多得多——或者就仅仅是把望远镜对准月亮，把相机对准目镜，都能拍出一张不错的快照。如果有液氮制冷的、用作科学研究的CCD加在大型望远镜后面，或是给一台广播级的摄影机配上比大学学费还贵的稀土玻璃镜头，那自然是再好不过，但是没必要。真正重要的是你的智慧和对摄影的专注，以及你拍摄的环境。不要觉得拍摄月食或月掩金星是没意义的事情，别的摄影师都在用更好的设备拍这些东西呢。就像目视观测一样，你的结果可能会成为全世界独一无二的记录——但你如果不试试就永远不知道。

最后，无论你在观星上投入多少，都要开开心心的。你面对的是

整个宇宙，是你生活的地方，不要让它吓到你。你是在回家。

附录B

著名周期性流星雨

流星雨名称	时　间	极大时间	备　注
象限仪流星雨	1月1日—6日	1月4日	流量不定，有时很大
天琴流星雨	4月19日—25日	4月21日	一般，流量不定
宝瓶 η流星雨	4月24日—5月20日	5月5日	在南半球比较大
宝瓶 δ流星雨	7月15日—8月20日	7月28日	有两次高峰
英仙流星雨	7月23日—8月20日	8月12日	比较大，靠谱的夏季流星雨
金牛北流星雨	10月12日—12月2日	11月4日—7日	两场重叠的流星雨
金牛南流星雨	9月17日—11月27日	10月30日—11月7日	量少但时间长
猎户流星雨	10月16日—27日	10月22日	极大时间不可预测
狮子流星雨	11月15日—20日	11月17日	有时会非常壮观
双子流星雨	12月7日—16日	12月13日	经常很可观
小熊流星雨	12月17日—25日	12月22日	通常比较一般

附录C
有代表性的亮星

星　名	目视星等	绝对星等	距　离
负星等			
太阳	−26.8	+4.8	8光分
天狼星 (“狗星”，在大犬座)	−1.4	+1.5	9光年
0等星			
织女星 (天琴座内非常明亮的蓝白色恒星)	+0.0	+0.6	25光年
1等星			
心宿二 (红巨星，“火星的对手”)	1.1	−5.8	604光年
2等星			
北极星	1.9	−4.1 (变化的)	431光年
3等星			
天玑 (大熊座γ，在北斗七星的西南角)	3.0	−0.1	147光年
4等星			
造父一 (第一颗被发现的造父变星，是一对双星中较亮的那颗伴星)	4.1	−4.4 (变化的)	950光年

附录D
梅西叶天体（按季节排列）

梅西叶星云星团表列出了适合用双筒望远镜和小型望远镜观测的明亮天体，我在这里按照季节将其归类，便于读者夜晚观测时浏览。这个列表包含了每个天体的梅西叶编号、它们所在的星座、天体类型（参见下面的缩写）、它的赤经（以时和分为单位）与赤纬（以度和角分为单位）坐标（历元2000）、它的目视星等，还有它的角距大小（以角分为单位——如果是行星状星云的话则以角秒为单位）。条目中有“！！”的是特别壮观的“样板式”天体。

天体类型缩写：

OC＝疏散星团

GC＝球状星团

PN＝行星状星云

EN＝发射星云

RN＝反射星云

E/RN＝发射星云和反射星云

SNR＝超新星遗迹

G＝星系（E＝椭圆星系，I＝不规则星系，SA＝正常旋涡星系，SB＝棒旋星系，S0＝透镜状星系，pec＝特殊星系。椭圆星系以圆度分类：所带的数值比较小的，比如0和1，是近乎圆形的；数值越大越扁。）

冬季星空

编号	星座	类型	赤经		赤纬		星等	角距	备注
			时	分	度	角分		角分	
1	金牛座	SNR	5	34.5	+22	01	8.4	6 × 4	!! 蟹状星云，超新星遗迹
45	金牛座	OC	3	47.0	+24	07	1.2	110	!! 昴星团
36	御夫座	OC	5	36.1	+34	08	6.0	12	用低倍率
37	御夫座	OC	5	52.4	+32	33	5.6	20	!! 非常密集
38	御夫座	OC	5	28.7	+35	50	6.4	21	南方0.5度处搜索小星团NGC 1907
42	猎户座	E/RN	5	35.4	−5	27	—	65 × 60	!! 猎户星云
43	猎户座	E/RN	5	35.6	−5	16	—	20 × 15	猎户星云的一部分
78	猎户座	RN	5	46.7	+0	03	—	8 × 6	明亮的反射星云，没什么特征
79	天兔座	GC	5	24.5	−24	33	7.8	8.7	需要200毫米望远镜才能分辨单个星体
35	双子座	OC	6	08.9	+24	20	5.1	28	!! 南方0.25度处搜索星团NGC 2158
41	大犬座	OC	6	47.0	−20	44	4.5	38	天狼星以北4度处，明亮但比较粗糙
50	麒麟座	OC	7	03.2	−8	20	5.9	16	在天狼星和南河三中间

编号	星座	类型	赤经		赤纬		星等	角距	备注
			时	分	度	角分		角分	
46	船尾座	OC	7	41.8	−14	49	6.1	27	!! 包含行星状星云NGC 2438
47	船尾座	OC	7	36.6	−14	30	4.4	29	粗糙的星团，在M46以西1.5度处
93	船尾座	OC	7	44.6	−23	52	≈6.2	22	致密、明亮的星团，比较密集
48	长蛇座	OC	8	13.8	−5	48	5.8	54	巨大、稀疏的星团

春季星空

编号	星座	类型	赤经		赤纬		星等	角距	备注
			时	分	度	角分		角分	
44	巨蟹座	OC	8	40.1	+19	59	3.1	95	!! 蜂巢或鬼星团,用低倍率
67	巨蟹座	OC	8	50.4	+11	49	6.9	29	已知最古老的星团之一
40	大熊座	双星	12	22.4	+58	05	8.0	—	双星温内克4,角距50角秒
81	大熊座	G–SA	9	55.6	+69	04	6.9	24 × 13	!! 明亮的旋涡星系,双筒可见
82	大熊座	G–I0	9	55.8	+69	41	8.4	12 × 6	!! “爆炸”的星系,在M81以南0.5度处
97	大熊座	PN	11	14.8	+55	01	9.9	194角秒	!! 夜枭星云,明显的灰色卵形
101	大熊座	G–SAB	14	03.2	+54	21	7.9	26 × 26	!! 风车星系,正面朝向我们的一个旋涡星系

编号	星座	类型	赤经		赤纬		星等	角距	备注
			时	分	度	角分		角分	
108	大熊座	G–SB	11	11.5	+55	40	10.0	8.1 × 2.1	近乎侧面朝向我们，和东南方向0.75度处的M97是一对
109	大熊座	G–SB	11	57.6	+53	23	9.8	7.6 × 4.3	棒旋星系
65	狮子座	G–SAB	11	18.9	+13	05	9.3	8.7 × 2.2	!! 明亮的、细长的旋涡星系
66	狮子座	G–SAB	11	20.2	+12	59	8.9	8.2 × 3.9	!! M65和NGC 3628也在同一视场内
95	狮子座	G–SB	10	44.0	+11	42	9.7	7.8 × 4.6	明亮的棒旋星系
96	狮子座	G–SAB	10	46.8	+11	49	9.2	6.9 × 4.6	M95也在同一视场内
105	狮子座	G–E1	10	47.8	+12	35	9.3	3.9 × 3.9	明亮的椭圆星系，靠近M95和M96
53	后发座	GC	13	12.9	+18	10	7.5	12.6	需得150毫米望远镜方能分辨
64	后发座	G–SA	12	56.7	+21	41	8.5	9.2 × 4.6	!! 黑眼睛星系，需要大望远镜
85	后发座	G–SA	12	25.4	+18	11	9.1	7.5 × 5.7	明亮的椭圆星系
88	后发座	G–SA	12	32.0	+14	25	9.6	6.1 × 2.8	明亮的多旋臂旋涡星系
91	后发座	G–SBb	12	35.4	+14	30	10.2	5.0 × 4.1	
98	后发座	G–SAB	12	13.8	+14	54	10.1	9.1 × 2.1	近乎侧面朝向我们的旋涡星系
99	后发座	G–SA	12	18.8	+14	25	9.9	4.6 × 4.3	近乎正面朝向我们的旋涡星系，靠近M98
100	后发座	G–SAB	12	22.9	+15	49	9.3	6.2 × 5.3	正面朝向我们的旋涡星系，内核看起来像恒星

编号	星座	类型	赤经		赤纬		星等	角距	备注
			时	分	度	角分		角分	
49	室女座	G–E2	12	29.8	+8	00	8.4	8.1 × 7.1	非常明亮的椭圆星系
58	室女座	G–SAB	12	37.7	+11	49	9.7	5.5 × 4.6	明亮的棒旋星系， 在M59和M60以东1度处
59	室女座	G–E5	12	42.0	+11	39	9.6	4.6 × 3.6	明亮的椭圆星系，与M60成对
60	室女座	G–E2	12	43.7	+11	33	8.8	7.1 × 6.1	明亮的椭圆星系，和M59、NGC 4647在一起
61	室女座	G–SAB	12	21.9	+4	28	9.7	6.0 × 5.9	正面朝向我们的双旋臂旋涡星系
84	室女座	G–E1	12	25.1	+12	53	9.1	5.1 × 4.1	!! 和M86在一起，属于马卡良星系链
86	室女座	G–E3	12	26.2	+12	57	8.9	12 × 9	!! 和许多NGC星系在一起，属于马卡良星系链
87	室女座	G–E0–1	12	30.8	+12	24	8.6	7.1 × 7.1	拥有非常著名的喷流
89	室女座	G–E	12	35.7	+12	33	9.8	3.4 × 3.4	椭圆星系；形似M87，但更小一些
90	室女座	G–SAB	12	36.8	+13	10	9.5	10 × 4	明亮的棒旋星系，靠近M89
104	室女座	G–SA	12	40.0	−11	37	8.0	7.1 × 4.4	!! 草帽星系，要注意它的尘埃带
3	猎犬座	GC	13	42.2	+28	23	5.9	16.2	!! 内有很多变星
51	猎犬座	G–SA	13	29.9	+47	12	8.4	8 × 7	!! 涡状星系，在大型望远镜中非常壮观
63	猎犬座	G–SA	13	15.8	+42	02	8.6	14 × 8	向日葵星系，明亮、细长

编号	星座	类型	赤经		赤纬		星等	角距	备注
			时	分	度	角分		角分	
94	猎犬座	G–SA	12	50.9	+41	07	8.2	13 × 11	非常明亮，形似彗星
106	猎犬座	G–SAB	12	19.0	+47	18	8.4	20 × 8	!! 巨大、明亮的旋涡星系
68	长蛇座	GC	12	39.5	–26	45	7.7	12	需得150毫米望远镜方能分辨
83	长蛇座	G–SAB	13	37.0	–29	52	7.6	16 × 13	巨大且弥散，在极南之地观测效果最佳
102	天龙座	G–SA0	15	06.5	+55	46	9.9	6.6 × 3.2	
5	巨蛇座	GC	15	18.6	+2	05	5.7	17.4	!! 天空中最精致的球状星团之一

夏季星空

编号	星座	类型	赤经		赤纬		星等	角距	备注
			时	分	度	角分		角分	
13	武仙座	GC	16	41.7	+36	28	5.7	16.6	武仙星团，在NGC 6207东北方向0.5度处
92	武仙座	GC	17	17.1	+43	08	6.4	11.2	M13东北方向9度处，精致，但常被忽略
9	蛇夫座	GC	17	19.2	–18	31	7.6	9.3	蛇夫座内最小的球状星团
10	蛇夫座	GC	16	57.1	–4	06	6.6	15.1	密集的球状星团，M12在其西北方向3度处
12	蛇夫座	GC	16	47.2	–1	57	6.8	14.5	松散的球状星团，靠近M10
14	蛇夫座	GC	17	37.6	–3	15	7.6	11.7	需得200毫米望远镜方能分辨

编号	星座	类型	赤经		赤纬		星等	角距	备注
			时	分	度	角分		角分	
19	蛇夫座	GC	17	02.6	−26	16	6.7	13.5	扁球状星团，在M62以南4度处
62	蛇夫座	GC	17	01.2	−30	07	6.7	14.1	不对称，周围天体多
107	蛇夫座	GC	16	32.5	−13	03	8.1	10.0	小而暗弱的球状星团
4	天蝎座	GC	16	23.6	−26	32	5.8	26.3	明亮的球状星团，靠近心宿二
6	天蝎座	OC	17	40.1	−32	13	4.2	33	!! 蝴蝶星团，低倍率观看最佳
7	天蝎座	OC	17	53.9	−34	49	3.3	80	!! 适合用双筒观看
80	天蝎座	GC	16	17.0	−22	59	7.3	8.9	非常紧凑的球状星团
16	巨蛇座	EN+OC	18	18.6	−13	58	—	35 × 28	老鹰星云，并疏散星团
8	人马座	EN	18	03.8	−24	23	—	45 × 30	礁湖星云，并疏散星团
17	人马座	EN	18	20.8	−16	11	—	20 × 15	天鹅星云，或叫ω星云
18	人马座	OC	18	19.9	−17	08	6.9	10	稀疏的疏散星团，M17以南1度处
20	人马座	E/RN	18	02.3	−23	02	—	20 × 20	!! 三叶星云，要好好看看它的暗带
21	人马座	OC	18	04.6	−22	30	5.9	13	M20东北方向0.7度处，稀疏星团
22	人马座	GC	18	36.4	−23	54	5.1	24	南纬度地区的壮观景象
23	人马座	OC	17	56.8	−19	01	5.5	27	明亮、松散的疏散星团
24	人马座	恒星云	18	16.5	−18	50	4.6	95 × 35	富集的恒星云，用大型双筒观看最佳

编号	星座	类型	赤经		赤纬		星等	角距	备注
			时	分	度	角分		角分	
25	人马座	OC	18	31.6	−19	15	4.6	32	明亮却稀疏的疏散星团
28	人马座	GC	18	24.5	−24	52	6.8	11.2	致密的球状星团，靠近M22
54	人马座	GC	18	55.1	−30	29	7.6	9.1	不易分辨
55	人马座	GC	19	40.0	−30	58	6.4	19.0	明亮、松散的球状星团
69	人马座	GC	18	31.4	−32	21	7.6	7.1	又小又稀松的球状星团
70	人马座	GC	18	43.2	−32	18	8.0	7.8	小的球状星团，在M69以东2度处
75	人马座	GC	20	06.1	−21	55	8.5	6	又小又远，59 000光年以外
11	盾牌座	OC	18	51.1	−6	16	5.8	13	!! 野鸭星团，最好看的疏散星团!
26	盾牌座	OC	18	45.2	−9	24	8.0	14	明亮、致密的星团
56	天琴座	GC	19	16.6	+30	11	8.3	7.1	在一个恒星富集的星场内
57	天琴座	PN	18	53.6	+33	02	8.8	>71角秒	!! 指环星云，一个非常漂亮的烟圈
71	天箭座	GC	19	53.8	+18	47	8.0	7.2	松散的球状星团，看起来像个疏散星团
27	狐狸座	PN	19	59.6	+22	43	7.3	>348角秒	!! 哑铃星云，一个非常壮观的天体
29	天鹅座	OC	20	23.9	+38	32	6.6	6	又小又稀松的疏散星团，天鹅座γ以南2度处
39	天鹅座	OC	21	32.2	+48	26	4.6	31	非常稀疏的星团，适宜用低倍率观看

秋季星空

编号	星座	类型	赤经		赤纬		星等	角距	备注
			时	分	度	角分		角分	
2	宝瓶座	GC	21	33.5	−0	49	6.4	12.9	需得200毫米望远镜方能分辨
72	宝瓶座	GC	20	53.5	−12	32	9.3	5.9	靠近土星状星云和NGC 7009
73	宝瓶座	OC	20	59.0	−12	38	8.9p	2.8	里面只有4颗星，是一个"星群"
15	飞马座	GC	21	30.0	+12	10	6.0	12.3	一个富集、致密的球状星团
30	摩羯座	GC	21	40.4	−23	11	7.3	11	
52	仙后座	OC	23	24.2	+61	35	6.9	12	年轻、富集的星团
103	仙后座	OC	1	33.2	+60	42	7.4	6	3个NGC疏散星团在附近
31	仙女座	G−SA	0	42.7	+41	16	3.4	185 × 75	!! 仙女星系
32	仙女座	G−E5 pec	0	42.7	+40	52	8.1	11 × 7	M31的紧密伴星系
110	仙女座	G−E3 pec	0	40.4	+41	41	8.1	20 × 12	M31的一个比较远的伴星系
33	三角座	G−SA	1	33.9	+30	39	5.7	67 × 42	大型弥散旋涡星系，需要比较暗的夜空条件才能看清
74	双鱼座	G−SA	1	36.7	+15	47	9.4	11 × 11	暗弱不清的旋涡星系，用小型望远镜难以看见
77	鲸鱼座	G−SAB	2	42.7	−0	01	8.9	8.2 × 7.3	赛弗特星系，内核形似恒星
34	英仙座	OC	2	42.0	+42	47	5.2	35	最宜用低倍率观看
76	英仙座	PN	1	42.4	+51	34	10.1	>65角秒	哑铃星云的袖珍版

附录E
行星及其卫星

行星的物理参数

这些表格列出了每颗行星的直径、扁率（它相对于圆球的扁平程度）、质量（地球为1）、整体密度（相较于水而言，以吨/立方米为单位；1立方米水的重量是1吨）、表面重力（与地球相比）、逃逸速度（从赤道处逃离行星重力场所需的速度，以千米/秒计；若要转换成英里/小时，则乘以2160）、自转周期（以天计）、倾角（就是它的赤道与轨道面的夹角，以度计）。太阳和月亮也列出，便于比较。

天体名称	赤道直径 千米	扁率	质量 地球为1	密度 吨/立方米	重力 地球为1	逃逸速度 千米/秒	自转周期 天	倾角 度
太阳	1 392 000	0*	332 946	1.41	27.9	617.5	25—35[†]	—
水星	4 879	0	0.055	5.43	0.38	4.2	58.646	0.0
金星	12 104	0	0.815	5.24	0.90	10.4	243.019	177.4
地球	12 756	1/298	1.00	5.52	1.00	11.2	0.997 3	23.4
月球	3 475	0	0.012	3.34	0.17	2.4	27.321 7	6.7
火星	6 794	1/154	0.107	3.94	0.38	5.	1.026 0	25.2
木星	142 980[‡]	1/15.4	317.833	1.33	2.53	59.5	0.410 1[§]	3.1
土星	120 540[‡]	1/10.2	95.159	0.70	1.06	35.5	0.444 0	25.3
天王星	51 120[‡]	1/43.6	14.500	1.30	0.90	21.3	0.718 3	97.9
海王星	49 530[‡]	1/58.5	17.204	1.76	1.14	23.5	0.671 2	28.3
冥王星	2 300	0?	0.003	1.1	0.08	1.3	6.387 2	123.

* 太阳扁率非常小——两极只比赤道扁36千米。

† 由纬度决定。

‡ 在1巴大气压下。

§ 以木星赤道区域自转速度最快的部分计。

行星的轨道参数

这个表格列出了每颗行星到太阳的平均距离（以天文单位计。1天文单位是地球到太阳的距离，等于1.5亿千米或9300万英里）、轨道偏心率（它的轨道相对于整圆的拉长程度，整圆的偏心率为0）、轨道倾角（以度计，与地球轨道相比），以及在轨道上运行一周所需的时间（以地球年计）。

行星	平均距离 天文单位	偏心率 度	倾角 度	周期 年
水星	0.387	0.206	7.00	0.241
金星	0.723	0.007	3.39	0.615
地球	1.000	0.017	0.00	1.000
火星	1.524	0.093	1.85	1.881
木星	5.203	0.049	1.30	11.864
土星	9.586	0.058	2.49	29.675
天王星	19.155	0.048	0.77	83.835
海王星	29.97	0.011	1.77	164.050
冥王星	39.28	0.246	17.17	246.177

行星的卫星

这张表格列出的是截至本书出版时间太阳系内已知的天然卫星。栏中列出了每颗卫星的直径（以千米计）、亮度（在平均冲距从地球上看到的）、反照率（或称反射率）、大冲期间与母行星的平均距离［分别列出了实际距离（以千米计）和天空中的角距（以角秒计）］、轨道周期（以地球日计），以及它们的发现者和发现时间。

名称	直径	目视星等	反照率	与母行星的距离		轨道周期	发现记录
	千米			10^3千米	角秒	天	
地球的卫星							
月球*	3 476.	−12.7	0.11	384.5	—	27.322	
火星的卫星							
火卫一*	21.	11.6	0.07	9.4	25.	0.319	A. 霍尔，1877
火卫二*	12.	12.7	0.07	23.5	63.	1.263	同上
木星的卫星							
木卫十六	43.	17.5	≈0.05	128.	42.	0.294	S. 辛诺特，1979
木卫十五	16.	18.7	≈0.05	129.	42.	0.297	D. 朱维特等，1979
木卫五*	167.	14.1	0.05	180.	59.	0.498	E. 巴纳德，1892
木卫十四**	99.	16.	≈0.05	222.	73.	0.674	S. 辛诺特，1979
木卫一*	3 630.	5.	0.6	422.	138.	1.769	伽利略，1610
木卫二*	3 140.	5.3	0.6	671.	220.	3.551	同上
木卫三*	5 260.	4.6	0.4	1 070.	351.	7.155	同上
木卫四*	4 800.	5.6	0.2	1 885.	618.	16.689	同上
1975J1[A]	≈4.	20.	—	7 507.	2 462.	130.	C. 科瓦尔，1975[†]
木卫十三	≈15.	20.	—	11 110.	3 640.	240.	C. 科瓦尔，1974
木卫六***	185.	14.8	0.03	11 470.	3 760.	251.	C. 佩里安，1904

名称	直径	目视星等	反照率	与母行星的距离		轨道周期	发现记录
	千米			10^3 千米	角秒	天	
木卫十***	≈35.	18.4	—	11 710.	3 840.	260.	S. 尼克尔森，1938
木卫七	75.	16.8	0.03	11 740.	3 850.	260.	C. 佩里安，1905
2000J11[A]	≈3.	20.5	—	12 557.	4 119.	287.	S. 谢泼德等，2000
2000J3[A]	≈4.	20.1	—	20 210.	6 629.	585.	同上
2000J7[A]	≈5.	19.8	—	20 929.	6 865.	616.	同上
2000J5[A]	≈3.	20.2	—	21 132.	6 931.	624.	同上
木卫十二***	≈30.	18.9	—	21 200.	6 954.	631.	S. 尼克尔森，1951
木卫十一	≈40.	18.	—	22 350.	7 330.	692.	S. 尼克尔森，1938
2000J10[A]	≈3.	20.3	—	22 988.	7 540.	716.	S. 谢泼德等，2000
2000J6[A]	≈3.	20.5	—	23 074.	7 568.	719.	同上
2000J9[A]	≈4.	20.1	—	23 140.	7 590.	723.	同上
2000J4[A]	≈3.	20.4	—	23 169.	7 599.	723.	同上
木卫八	≈50.	17.1	—	23 330.	7 650.	735.	P. 梅洛特，1908
木卫九***	≈35.	18.3	—	23 370.	7 660.	758.	S. 尼克尔森，1914
2000J2[A]	≈4.	20.1	—	23 746.	7 789.	751.	S. 谢泼德等，2000
2000J8[A]	≈4.	20.	—	23 913.	7 843.	758.	同上
1999J1[A]	≈7.	19.4	—	24 103.	7 906.	759.	J. 斯科蒂和T. 斯帕尔，1999
土星的卫星							
土卫十八[B]	≈20.	≈19.	≈0.5	134.	22.	0.577	M. 舒瓦尔特，1990
土卫十五	30.	≈18.	0.4	137.	23.	0.601	R. 泰里莱，1980
土卫十六**	100.	≈15.	0.6	139.	23.	0.613	S. 柯林斯、D. 卡尔森，1980

名称	直径	目视星等	反照率	与母行星的距离		轨道周期	发现记录
	千米			10^3千米	角秒	天	
土卫十七**	90.	≈16.	0.5	142.	24.	0.628	同上
土卫十	190.	≈14.	0.6	151.	25.	0.695	A. 多尔菲斯，1966
土卫十一*	120.	≈15.	0.5	151.	25.	0.695	J. 方丹、S. 拉尔森，1966
土卫一*	390.	12.5	0.8	187.	30.	0.942	W. 赫歇尔，1789
土卫二*	500.	11.8	1.0	238.	38.	1.37	同上
土卫三*	1 060.	10.3	0.8	295.	48.	1.888	G. 卡西尼，1684
土卫十三	25.	≈18.	0.7	295.	48.	1.888	B. 史密斯等，1980
土卫十四**	25.	≈18.	1.0	295.	48.	1.888	D. 帕斯库等，1980
土卫四*	1 120.	10.4	0.6	378.	61.	2.737	G. 卡西尼，1684
土卫十二	30.	≈18.	0.6	378.	61.	2.737	P. 拉克、J. 勒卡舍，1980
土卫五*	1 530.	9.7	0.6	526.	85.	4.517	G. 卡西尼，1672
土卫六**	5 550.[C]	8.4	0.2	1 221.	197.	15.945	C. 惠更斯，1655
土卫七****	255.	14.2	0.3	1 481.	239.	21.276	W. 邦德、G. 邦德、W.拉塞尔，1848
土卫八*	1 460.	11.	0.08—0.4	3 561.	575.	79.331	G. 卡西尼，1671
2000S5[A]	14.	21.9	—	11 300.	1 827.	449.	B. 格拉德曼等，2000
2000S6[A]	10.	22.5	—	11 400.	1 843.	453.	同上
土卫九***	220.	16.5	0.05	12 960.	2 096.	550.46	W. 皮克林，1898
2000S2[A]	20.	21.2	—	15 200.	2 458.	687.	B. 格拉德曼等，2000
2000S8[A]	6.	23.5	—	15 500.	2 506.	720.	同上
2000S3[A]	32.	20.	—	16 800.	2 717.	796.	同上
2000S12[A]	6.	23.8	—	17 600.	2 846.	877.	同上
2000S11[A]	26.	20.4	—	17 900.	2 894.	888.	M. 霍尔曼等，2000

名称	直径	目视星等	反照率	与母行星的距离		轨道周期	发现记录
	千米			10^3千米	角秒	天	
2000S10[A]	8.	22.9	—	18 200.	2 943.	913.	B. 格拉德曼等，2000
2000S4[A]	14.	22.	—	18 250.	2 951.	924.	同上
2000S9[A]	6.	23.7	—	18 400.	2 975.	935.	同上
2000S7[A]	6.	23.8	—	20 100.	3 250.	1 067.	同上
2000S1[A]	16.	21.6	—	23 100.	3 735.	1 311.	同上

天王星的卫星

名称	直径	目视星等	反照率	与母行星的距离		轨道周期	发现记录
天卫六	25.[D]	24.2	<0.1	49.8	3.7	0.333	“旅行者2号”，1986
天卫七	30.[D]	23.9	<0.1	53.8	4.0	0.375	同上
天卫八	45.[D]	23.1	<0.1	59.2	4.4	0.433	同上
天卫九	65.[D]	22.3	<0.1	61.8	4.6	0.463	同上
天卫十	60.[D]	22.5	<0.1	62.6	4.7	0.475	同上
天卫十一	85.[D]	21.7	<0.1	64.4	4.9	0.492	同上
天卫十二	110.[D]	21.1	<0.1	66.1	5.0	0.513	同上
天卫十三	60.[D]	22.5	<0.1	70.0	5.2	0.558	同上
天卫十四	68.[D]	22.1	<0.1	75.3	5.6	0.621	同上
1986U10	40.[D]	23.6	<0.1	76.4	5.8	0.638	E. 卡尔科施卡，1999[‡]
天卫十五	155.	20.4	0.07	86.0	6.5	0.763	“旅行者2号”，1985
天卫五	485.	16.5	0.34	129.9	9.7	1.413	G. 柯伊伯，1948
天卫一*	1 160.	14.	0.4	190.9	14.3	2.521	W. 拉塞尔，1851
天卫二*	1 190.	14.9	0.19	266.0	20.0	4.146	同上
天卫三*	1 610.	13.9	0.28	436.3	32.7	8.704	W. 赫歇尔，1787
天卫四*	1 550.	14.1	0.24	583.4	43.8	13.463	同上
天卫十六	60.	≈22.5	<0.1	7 169.	538.	580.	B. 格拉德曼等，1997

名称	直径	目视星等	反照率	与母行星的距离		轨道周期	发现记录
	千米			10^3千米	角秒	天	
天卫二十	30.	≈25.	<0.1	7 920.	584.	674.	B. 格拉德曼等, 1999
天卫十七	120.	≈21.	<0.1	12 214.	900.	1 290.	P. 尼克尔森, 1997
天卫十八	30.	≈24.	<0.1	16 670.	1 229.	2 057.	M. 霍尔曼等, 1999
天卫十九	30.	≈24.	<0.1	17 810.	1 313.	2 271.	J. 卡维拉斯, 2000
海王星的卫星							
海卫三	60.	24.6	≈0.06	48.	2.3	0.3	"旅行者2号", 1989
海卫四	80.	23.9	≈0.06	50.	2.4	0.31	同上
海卫五	150.	22.5	0.06	52.5	2.5	0.33	同上
海卫六	160.	22.4	≈0.06	62.	2.9	0.43	同上
海卫七**	190.	22.	0.06	73.6	3.5	0.55	同上
海卫八**	420.	20.3	0.06	117.6	5.5	1.12	同上
海卫一*	2 700.	13.6	0.8	354.	17.	5.877	W. 拉塞尔, 1846
海卫二***	340.	19.7	0.16	5 510.	260.	365.21	G. 柯伊伯, 1949
冥王星的卫星							
冥卫一*	1 200.	17.	—	19.1	0.9	6.387	J. 克里斯蒂, 1978

≈ 近似值。

* 同步运动。

** 可能同步。

*** 非同步。

**** 不规则运动。若无星号，则自转情况不明。

[A] 直径假定的反照率（反射率）为0.06。

[B] 轨道在恩克环缝内。

[C] 土卫六的云顶直径。固体直径等于5 150千米。

[D] 直径假定的反照率与天卫十五相同（0.07）。

† 1975年被首次探测到，随后消失；2000年被S. 谢泼德和D. 朱维特再次发现。

‡ 在"旅行者2号"拍摄的图像中（1986年1月）。

附录F
延伸阅读

期刊

比较适合大众口味的美国天文月刊有《天文学》（*Astronomy*，astronomy.com）和《天空与望远镜》（*Sky & Telescope*，skypub.com），还有专门针对业余爱好者的《业余天文》（*Amateur Astronomy*，amateurastronoy.com）。有些业余天文组织（本附录末尾有列表）也会发行他们自己的期刊。

著名的年刊包括加拿大皇家天文学会的《观测者手册》（*Observer's Handbook*），这是一本不可或缺的观测指南；还有盖伊·奥特维尔（Guy Ottewell）的《天文年历》（*Astronomical Calendar*，Furman University/Astronomical League），这本书的特别之处在于通过徒手画提供了对天空事件的新看法。

介绍星座

H.A.雷的《观星新解》（*The Stars*：*A New Way to See Them*，Houghton Mifflin）是深入浅出的——也许有点古怪的——星座指南。天空出版社（Sky Publishing）的《夜空指南》（*Night Sky Guide*）包含了每个月的星图。还有些比较受欢迎的介绍性书籍，包括盖伊·康索马格诺（Guy Consolmagno）和丹·M.戴维斯（Dan M.Davis）的《猎户左转》（*Turn Left at Orion*，Ingram）、劳埃德·莫尔兹（Lloyd Morz）和卡罗尔·内桑森（Carol Nathanson）的《星座：爱好者的夜空导游》（*The Constellations*：*An Enthusiast's Guide to the Night Sky*，Doubleday）、切特·雷莫（Chet Raymo）的《星空365：每夜天文学》（*365 Starry Nights*：*An Introduction to Astronomy for Every Night of the Year*，Fireside），还有安东宁·卢克尔（Antonin Rukl）的《星座指南》（*Constellation Guidebook*，Sterling）。

星图

你可以把夜空想成一层一层的，像一颗洋葱。最表面的一层是肉

眼可见的星空，用简单的星表和平面天球就可以囊括。双筒和望远镜能探索到更深的层面，这些层面需要用更精细复杂的星图来表现。星图的复杂程度用它包含的最暗的星（及别的天体）的亮度来表示：

星等数字越高，星图就越大。

最简单易用的星图是平面天球。平面天球由一个圆盘组成，圆盘代表你所在的半球的夜空，上面有个卵形窗口，你把圆盘转动到某个时间和日期，窗口就能显示当天的星座。平面天球轻巧便携，适合背包出去野营的时候携带，在有风的夜晚也不会被刮跑。比较流行的平面天球有戴维·H.列维的《戴维·H.列维的星空指南》（*David H.Levy's Guide to the Stars*），它适合在北纬30度到60度使用，还有戴维·S.钱德勒（David S.Chandler）的《夜空星图》（*The Night Sky Planisphere*），它呈现了北半球的三种视角——20度到30度、30度到40度，还有40度到50度。

在装订成书的星图中，阿瑟·诺顿（Arthur Norton）和伊恩·里德帕斯（Ian Ridpath）的《诺顿星图手册》（*Norton's Star Atlas and Reference Handbook*，Addison-Wesley）是一部经典之作，历经近一个世纪的重印，最近刚刚更新。它的最暗天体为6等，说明它基本上是一部肉眼星图，但对小型望远镜的观测也非常有用。威尔·提里安（Wil Tirion）的《剑桥星图》（*The Cambridge Star Atlas*，Cambridge）较之于前者略深，最暗天体可达6.5等。提里安和罗杰·W.辛诺特（Roger W.Sinnott）的《星图2000.0》（*Sky Atlas 2000.0*）包含的恒星可达8.5等，白色背景的版本适用于室内，黑色背景的版本适用于室外的夜空下，是使用小型到中型望远镜的观测者的最爱。

更深的书有威尔·提里安、B.拉帕波尔（B.Rappaport）和G.洛维（G.Lovi）的《测天图2000.0》（*Uranometria 2000.0*，Cambridge），它包含了332000颗恒星，最暗可达9.5等，还有10000个星团、星云和星系。这本书分两卷出版，覆盖北天和南天。现代纸上星图中最大、最贵的要数罗杰·W.辛诺特和迈克尔·A.C.佩里曼（Michael A.C.Perryman）的《千禧星图》（*Millennium Star Atlas*，Cambridge）。它分为三卷，包含了100万颗以上的恒星，亮度达到11等，此外有众多深空天体。

电脑星图软件可用来了解星空，打印出适合自己的星图，还可以用来控制望远镜，至少能展示望远镜指向哪里。我个人用过的主流软件如下：*The Sky*（Software Bisque），它可以更新，增加更多天体，还能控制望远镜；*Redshift*（Maris），这是一款面向图形的软

件，可以展现信息丰富的静态图片和动态视频，譬如任意一次日全食期间月影穿过地球的太空视角；*Megastar*（Willmann-Bell），这个软件精巧却不复杂，受很多资深爱好者的喜爱。

网络星空程序

网络上免费的星图软件是好东西，你可以从中了解到某个夜晚星空中都有些什么，还可以打印出属于你自己的星图。众多受欢迎的网站中，“行星搜寻器”（*Planet Finder*，lightandmatter.com/area2planet.shtml）可以展示任意时间内你所在位置的行星；“天空咖啡馆”（*Skyview Cafe*，skyview-cafe.com）采用了易于参考的肉眼视角；“太阳系模拟”（*Solar System Simulator*，space.jpl.nasa.gov）是NASA的喷气推进实验室的网站，可以呈现在太阳系中任意位置的视角下的任意行星和卫星；“星图”（*StarMap*，mtwilson.edu/Services/StarMap）是威尔逊山天文台的星图生成软件。

观测指南

有些观测指南中包含了星图，但它们主要的意图在于填补空白，告诉读者天空中有什么，以及如何观测它们。比较著名的大众指南有帕特里克·摩尔的《用双筒探索夜空》（*Exploring the Night Sky With Binoculars*，Cambridge）和《观测者的一年：宇宙的365夜》（*The Observer's Year*：*366 Nights of the Universe*，Springer）、特伦斯·迪金森（Terence Dickinson）和艾伦·戴尔（Alan Dyer）的《后院天文爱好者指南》（*The Backyard Astronomer's Guide*，Camden House）、迪金森的《夜观星空》（*Nightwatch*，Firefly），还有杰伊·M.帕萨科夫的《恒星与行星野外指南》（*A Field Guide to the Stars and Planets*，Houghton Mifflin）。

斯蒂芬·詹姆斯·奥马拉的《深空宝典：梅西叶天体》（*Deep Sky Companion*：*The Messier Objects*，Sky Publishing）广受赞誉，这本书的特色是亮星云和星团。以亮星云和星团为主题的还有沃尔特·斯科特·休斯敦的文集《深空漫游》（*Deep-Sky Wonders*，Sky Publishing）。小罗伯特·伯纳姆的《伯纳姆天空手册》（*Burnham's Celestial Handbook*，Dover）共有三卷，阐述了每个星座的历史和相关的神话，很多地方过时了，但依旧很值得一读。

专注于太阳系天体的书有弗雷德·威廉·普赖斯（Fred William Price）的《行星观测者手册》（*The Planet Observer's Handbook*，

Cambridge）、杰拉尔德·诺思的《月球观测：当代天文爱好者指南》（*Observing the Moon*：*The Modern Astronomer's Guide*，Cambridge），以及托马斯·A.多宾斯、唐纳德·C.帕克和查尔斯·F.卡彭的《太阳系观测与摄影入门》（*Introduction to Observing and Photographing the Solar System*，Willmann-Bell）。杰拉尔德·诺思的《进阶天文爱好者》（*Advanced Amateur Astronomy*，Cambridge）的主题是针对有经验的业余爱好者的观测技术。

天文画册和入门读物

有几本适合大众读者的天文教科书易得且写得不错，其中包括安德鲁·弗劳克诺伊（Andrew Fraknoi）、戴维·莫里森和西德尼·沃尔夫（Sidney Wolff）的《宇宙探索者》（*Voyager Through the Universe*，Harcourt），还有威廉·J.考夫曼（William J.Kaufmann）、弗里德曼·考夫曼（Freedman Kaufmann）和罗杰·A.弗里德曼（Roger A.Freedman）的《宇宙》（*Universe*，Freeman）。比较好的几本画册如下：戴维·马林（David Malin）的《隐形宇宙》（*The Invisible Universe*，Bulfinch），它内容丰富，尺寸很大；艾伦·桑德奇的经典之作《哈勃星系图册》（*Hubble Atlas of Galaxies*，Carnegie Institution）；尼尔·德·格拉斯·泰森、查尔斯·刘（Charles Liu）和罗伯特·伊里翁（Robert Irion）的《一个宇宙：星际中的家》（*One Universe*：*At Home in the Cosmos*，Joseph Henry），这是一部简洁又饱含信息量的大众科普著作。

如何制作和使用望远镜

对于时间比较多又有天赋的人来说，最好的了解望远镜的方法——也是最经济地获得一架望远镜的方法——就是自己做一架。相关的书有理查德·贝里的《自制望远镜》（*Build Your Own Telescope*，Scribner）、戴维·克里格和理查德·贝里的《多布森望远镜：大孔径望远镜制作实用手册》（*The Dobsonian Telescope*：*A Practical Manual for Building Large Aperture Telescopes*，Willmann-Bell）、让·特瑟罗的《如何制作望远镜》（*How to Make a Telescope*，Willmann-Bell），还有阿尔伯特·英戈尔斯编的经典的3卷本《业余望远镜的制作》（*Amateur Telescope Making*，Willmann-Bell）。进阶的标准参考书则有麦克斯·博恩（Max Born）和埃米尔·沃尔夫（Emil Wolf）的《光学原理》（*Principles of Optics*，Cambridge）、哈里·G.J.吕滕（Harrie G.J.Rutten）和马丁·A.M.范·文路易（Martin A.M.van Venrooij）的《望远设备：业余爱好者综合手册》（*Telescopic*

Optics：*A Comprehensive Manual for Amateur Astronomers*，Willmann-Bell）。哈罗德·理查德·苏伊特的《天文望远镜测试》（*Star Testing Astronomical Telescopes*，Willmann-Bell）阐述了如何分析从望远镜中看到的东西，并以此评估望远镜的优势与不足。

业余天文组织

美国国内有一些国家级的组织。要找到附近的本地业余天文俱乐部，可以试着联系你所在地的天文馆或科学中心，或者登录skypub.com/resources/directory/usa/html。

美国天文爱好者协会：corvus.com

美国变星观测者协会：aavso.org

美国流星学会：amsmeteors.org

月球与行星观测者协会：lpl.arizona.edu/alpo

天文联盟：astroleague.org

澳大利亚天文学会：atnf.csiro.au/asa/www

太平洋天文学会：astrosociety.org

英国天文协会：ast.cam.ac.uk/～baa

国际超新星监测网：supernovae.net

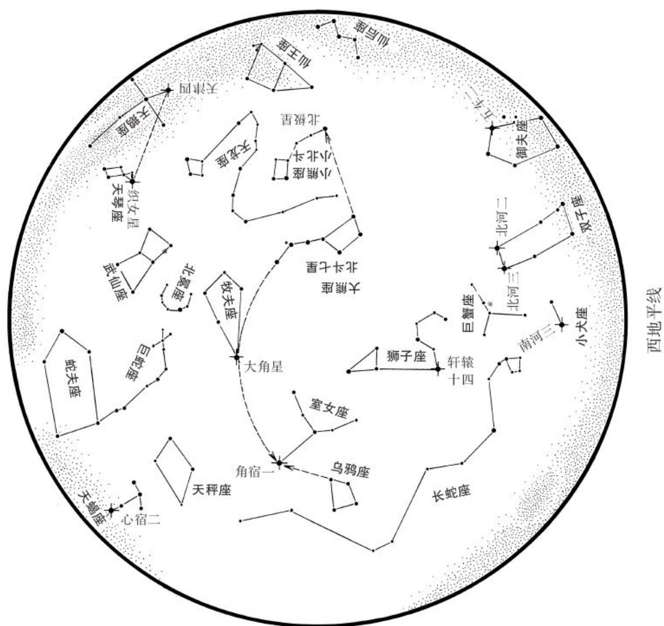
国家深空观测者学会：cismall.com/deepsky/nebulae.html

皇家天文学会（英国）：ras.org.uk

加拿大皇家天文学会：rasc.ca

业余射电天文爱好者协会：bambi.net/sara.hrml

附录G
星图



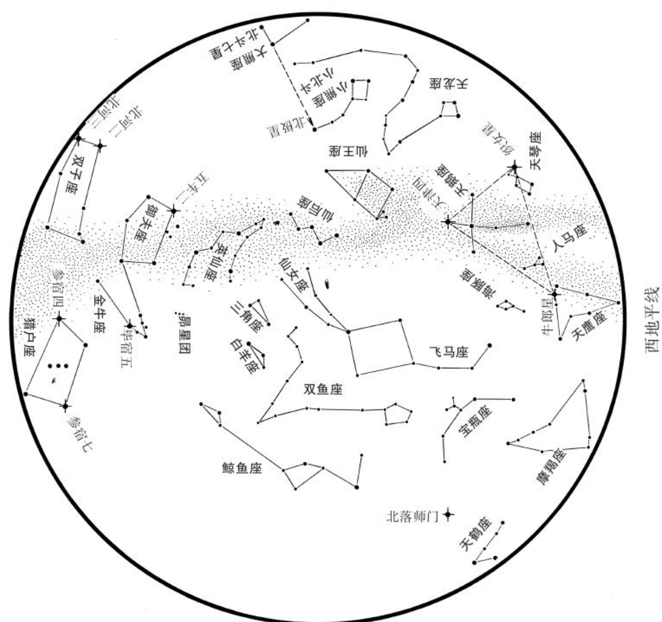
南地平线

春季

东地平线

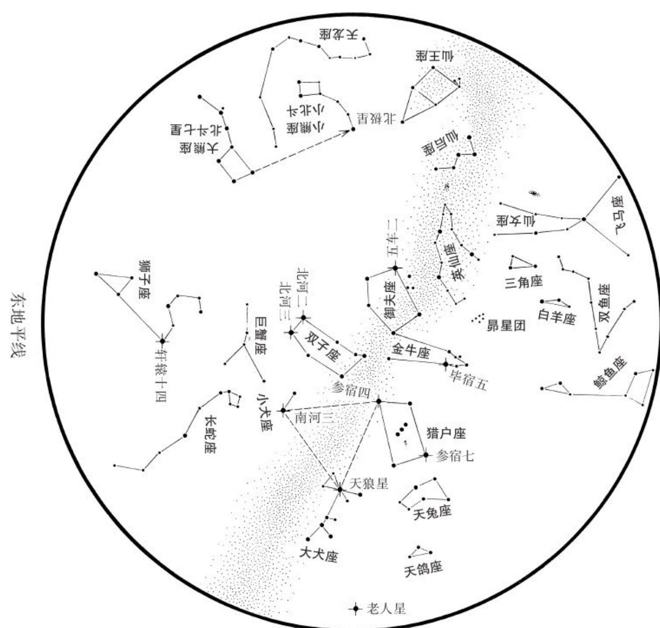
南地平线

夏季


大熊座
北斗七星
小熊座
小北斗
北极星
天龙座
仙王座
织女星
天琴座
天鹅座
天津四
人马座
海豚座
牛郎星
天鹰座
西地平线
北河三
北河二
双子座
五车二
御夫座
仙后座
英仙座
仙女座
参宿四
金牛座
毕宿五
昴星团
三角座
白羊座
猎户座
参宿七
飞马座
双鱼座
宝瓶座
摩羯座
鲸鱼座
北落师门
天鹤座

南地平线

秋季


天龙座
仙王座
北极星
小熊座
小北斗
大熊座
北斗七星
仙后座
英仙座
仙女座
飞马座
五车二
御夫座
三角座
昴星团
白羊座
双鱼座
鲸鱼座
金牛座
毕宿五
狮子座
轩辕十四
北河二
北河三
巨蟹座
双子座
参宿四
小犬座
南河三
猎户座
参宿七
长蛇座
天狼星
天兔座
大犬座
天鸽座
老人星
东地平线
南地平线

冬季

术语表

言语，别怪我借来庄重的字眼，

又劳心费神地使它们显得轻盈。

——维斯拉瓦·辛波斯卡，《在一颗小星星下》

Abell cluster 阿贝尔星系团 由美国天文学家乔治·阿贝尔编目的一个星系团。

Aberration 像差 会使像质变差的一种光学缺陷。元凶是像散、彗差、球差、色差——假色的介入。这些都导致光无法聚到焦点。

Absolute magnitude 绝对星等 参见magnitude。

Absorption 吸收 太空中的气体尘埃云或地球上的大气隔绝、减弱光线或别的辐射。吸收是间歇性的，呈现无规则性的闪烁。

Absorption nebula 吸光星云 参见nebula。

Accretion 吸积 一个天体和另一个较小的天体发生碰撞后，质量增加。

Accretion disk 吸积盘 旋转的盘状物质结构，其中绝大多数物质终将被它所环绕的天体（如黑洞）捕获。

Achromatic（or apochromatic）lens 消色差（或复消色差）镜头 由两块或多块镜片组成的镜头，每块镜片都有不同的折射率，组合后可将所有色彩的光聚向同一个焦点。目的是为了消除色差。

Adaptive optics 自适应光学 一种系统，可以监测视宁度，并调整望远镜焦距，补偿大气的变化，产出分辨率更高的图像。

Airglow 气辉 大气中原子与太阳发出的粒子发生作用而产生的微弱的光。

Airy disk　艾里斑　光学系统中恒星呈现出盘状，即便是制作精良的设备也不能将恒星展现成没有维度的点，而是会将16%的光发散到一系列同心圆上。

Albedo　反照率　行星或卫星的反射能力。反照率为0的物体对投向它的光不做任何反射，反照率为1的物体反射投向它的所有光。

ALPO　月球与行星观测者协会。

Altazimuth mounting　地平装置　一种望远镜装置，两根轴分别指向地平线和天顶。一个普通的地平装置可以指向天空中任何位置，但不能很好地跟踪天体，装有转仪钟的赤道装置则可以。有些装在多布森望远镜上的地平装置也可以，但装载的马达跟踪能力有限；

还有些大型天文台望远镜采用马达驱动的地平装置，配备电脑控制的相机转子，能实现长时间曝光拍摄。

Altitude　高度角　天体到地平线的角距离。天体位于天顶时高度角为90度，位于地平线时高度角为0度。可对比方位角。

Angstrom　埃　光的波长的测量单位。1埃等于1厘米的一亿分之一。

Aphelion　远日点　太阳系内天体距离太阳最远的点。可比较近日点。

Apogee　远地点　卫星距离地球最远的点。可比较近地点。

Apparent magnitude　视星等　参见magnitude。

Apparition　可见期　某个天体可以被很好地观测到的时期。例如，火星的可见期约有8到10个月，冲在这段时间的中间。

Appulse　合　天空中一个天体在视觉上靠近另一个天体，例如一颗小行星靠近一颗恒星。

Arc minute　角分（符号为′）　1度的六十分之一。

Arc second　角秒（符号为″）　1角秒是1角分的六十分之一，1角分是1度的六十分之一。“亚角秒”分辨率，是指在望远镜中可观测到小于1角秒的天体，表示视宁度极佳。

Asterism　星群　一个星座内肉眼可辨识的、聚集在一起的一团恒星（如大熊座内的北斗七星），也有跨星座的（如夏夜大三角，它由亮星织女星、河鼓二和天津四组成，分别在天琴座、天鹰座和天鹅座内）。

Asteroid　小行星　绕日公转的小天体，名字就是体积较小的行星的意思。大多数小行星来自小行星带。小行星一般都是岩石而非冰块，但也有一小部分包含冰，类似一颗袖珍的彗星。

Asteroid belt　小行星带　大多数小行星的聚居带，位于火星和木星轨道之间。

Astronomical unit（A.U.）　天文单位　太阳与地球之间的平均距离，界定为1.5亿千米（9300万英里，或是500光秒）。

Aten　阿登型小行星　指的是轨道完全在地球内侧的一类小行星。

Atom　原子　化学元素的基本单位，由一个原子核和电子云（一颗或多颗电子）组成。

A.U.　参见astronomical unit。

Aurora　极光　太阳耀斑发射出的粒子被地球磁场锁住，并与大气层中的原子和分子相互作用，产生高空发光的现象。极光在北极叫作北极光，在南极就叫南极光。

Autoguider，autoguiding mechanism　自动导星装置，自动导星系统　望远镜进行长曝光拍摄的时候，可以矫正望远镜细微错误的一种系统。CCD自动导星装置可将单独的天体锁在视场内，一旦影像偏离位置，滑动到邻近的像素，系统可自动校正跟踪。

Autumn equinox　秋分点　参见equinox。

Averted vision　眼角余光　看一个暗弱天体的时候，试着避免直视，稍稍移开一点目光，天体的光即可落在眼睛对光线最敏感的部分。

Azimuth　方位角　一个天体的方位，以角度表示，在方位圈上正北为0度，正东为90度，正南为180度，正西为270度。天空中任意天体在某个时间点上的位置都能以方位角和高度角定义。由于地球自转，天体的方位角和高度角一直在变化，所以天文学家倾向使用以赤

经和赤纬为坐标的天球标绘系统。

Baily's beads　贝利珠　日全食期间，日光从月面边缘处的山谷缝隙中穿过，在月球边缘附近产生的亮斑。

Bar　巴　大气压单位。地球海平面上的大气压一般约为1巴，又叫“一个标准大气压”，等于每平方英寸14.5磅。

Barge　驳船　一种大气涡旋，见于纬度范围较窄的类木行星。[309]

Big bang　大爆炸　宇宙在膨胀开端的时候高密度、高能量的状态。

Big bang theory　大爆炸理论　与膨胀中的宇宙的结构、起源和演化相关的一系列理论——比如解释随着源初物质冷却，质子和中子并和后释放出光子，产生宇宙微波背景，同时产生了原子的理论。

Binary star　双星　参见multiple star。

Binoculars　双筒望远镜　成对的望远镜，一般较小，连在一起，用于双眼同时观看。

Black hole　黑洞　一种天体——一般是一颗坍缩的恒星——引力场非常强，连光都无法逃逸出去。

Blazar　耀变体　明亮的星系核，亮度会有变化。

Bolide　火流星　一种极度明亮的流星，尤其是指会在天空中爆开的。

Brown dwarf　褐矮星　一种亚恒星天体，比行星大，但质量不足以产生热核聚变，以维持其内核稳定。

Cannibal galaxy　吞食星系　一种会从一个或多个星系中吸收恒星、尘埃和气体的星系。

Cassegrain　卡塞格林望远镜　参见telescope，Cassegrain。

Cataclysmic variable star　激变变星　一种会突然无预兆地变得比平时亮很多的变星。新星和耀星都属于激变变星的不同变种。

CCD　“电荷耦合装置器件”，一种感光芯片，天文学家用以拍摄

图像。亦可指装有CCD芯片的相机。

Celestial equator 天赤道 地球赤道在天球上的投影。天赤道被规定为赤纬0度，与其垂直的线为赤经。

Celestial pole 天极 天球的两个极点，位于北赤纬90度和南赤纬90度，是地球自转轴延长线在太空中与天球的交点。

Celestial sphere 天球 被假想为球体内壁的夜空。天球上的坐标是通过赤经和赤纬来绘制的。

Chromatic aberration 色差 光学上不同颜色的光折射出不同焦距而产生的谬差。参见aberration。

Chromoshere 色球 太阳大气层，在光球以上，日冕以下。

Circumpolar 拱极 终年夜晚可见，因为距离天极非常近，在一定纬度内，永不落下地平线。

Clock drive 转仪钟 一种机械装置，可以移动望远镜或相机，抵消地球自转。

Cloud of galaxies 星系云 参见cluster of galaxies。

Cluster of galaxies 星系团 因引力聚集在一起的星系，一般直径可达几千万光年。较稀疏的星系团（例如本星系群）至多有100多个星系；较富集的星系团（例如后发星系团）有上千个星系。“星系群”和“星系云”都被用于描述星系团，非常容易混淆。亦可参见supercluster。

Cluster，star 恒星星团 参见star cluster。

Collimate 校准 将望远镜光学部件对齐，使光线可抵达焦点。望远镜光学部件校准之后，光路即可按照望远镜的设计路径通过。最简单的案例就是校准折射镜，即调整物镜，使之垂直于从物镜中心到目镜中心的一条线——这条线就是望远镜的光轴。

Collimation 准直 参见collimate。

Coma 彗差/彗发/后发座 1.光学上的一种像差，会在图像中的光点周围形成一圈光晕。2.彗核周围的一圈气体和尘埃的光晕。3.后发座的简称，后发座是一个星座，内有后发星系团。

Comet 彗星 太阳系天体的一种，由岩石和冰块构成，一般轨道偏心率比行星和小行星大。

Conjunction 合 从地球上看，行星或其他天体靠近太阳或别的行星。内行星——运行轨道在地球内侧的水星和金星——从地球角度看位于太阳另一侧，三点成一线时，叫作“上合”；这两颗行星在地球和太阳中间成一线时，叫作“下合”。水星或金星下合时，有时候可在太阳圆面上见到它们的剪影，这叫作凌日。

Constellation 星座 天文学上将天空划分为88个天区，其中任意一个天区都是一个星座。从更广泛的角度来说，星座就是将某天区中的恒星连接起来想象而成的一定形状。

Contact binary 相接双星 一种聚星，其中的一颗恒星从另一颗恒星中吸收大气物质。

Coriolis force，Coriolis acceleration 科里奥利力，科里奥利加速度 行星自转时对表面大气气体流动的影响力。科里奥利效应令北半球的大气“组织”顺时针旋转，南半球的逆时针旋转。

Corona 日冕 太阳大气的最外层部分。

Cosmic microwave background 宇宙微波背景 充斥在宇宙中的一种射电能，被认为是大爆炸期间原始物质挥发冷却后，光在后继的空间膨胀中被拉成低频波段而产生的微波辐射。

Cosmic ray 宇宙射线 一种高能粒子，如原子核，在太空中以接近光的速度穿行，撞击到地球大气。

Cosmology 宇宙学 对宇宙的整体进行研究的一种科学，也可指一种宇宙学理论。

Culmination 中天 一颗恒星或其他天体经过子午圈。

Dark adaption 暗适应 双眼在暗夜环境下度过一段时间后——一般是20到90分钟——会对光变得非常敏感，这期间除了星光外不能有别的亮光。

Dawes's limit 道斯极限 望远镜分辨率的理论极限，以角秒为单位，等于4.56/d；d是指望远镜的孔径，以英寸为单位。例如，一架10英寸望远镜的理论分辨极限是能够分辨相隔0.46角秒的两个天体，20英寸望远镜的分辨极限则是0.29角秒。在实际情况中，大气湍

流也会限制望远镜的表现，使其并不能完全达到理论极限。

Declination　赤纬　天体在天球上与天赤道之间的距离，以度为单位。北赤纬以加号为标记（北天极就是＋90度），南赤纬以减号为标记（南天极就是—90度）。

Degree　度　天文学中测量天空角度的最主要单位。绕天球一周是360度，从地平线到天顶是90度。1度可以划分成60角分，1角分可以划分成60角秒。

Dobsonian　多布森望远镜　参见telescope，Dobsonian。

Double star　双星　两颗恒星绕同一重心运行。参见multiple star。

Dwarf　矮星　天体物理学中质量超过太阳20倍的主序星。通俗地说，这是一种又小又暗弱的恒星，例如白矮星，是一颗主序星耗尽燃料坍缩之后剩下的遗迹。

Eccentricity　偏心率　椭圆轨道与正圆的差距。一个正圆轨道只有一个焦点——就是它的中心——偏心率为0。将这个正圆压扁，中心就会分裂成两个焦点。压得越扁，两个焦点相距越远，轨道偏心率就越高。

Eclipse，lunar　月食　月球经过地球的影子。如果阴影黑暗部分（本影）完全吞没月球，就是全食；否则就是偏食。

Eclipse，solar　日食　月球的影子落在地球的观测者上时，观测者所看到的一种现象。位于影子中间部位（本影）的观测者，看到的是月球将日面完全遮住，即日全食。在周围的半影部位的观测者，看到的是日偏食。

Eclipsing binary　食双星　一种双星或聚星，从地球上看，当中的一颗恒星会从别的恒星面前经过，改变整个系统的视星等。

Ecliptic　黄道　地球轨道在天球上的投影。又叫黄道带。

Electromagnetic spectrum　电磁波谱　电磁能的波谱（波谱是按照波长排列的能量图谱）。这个波谱的一部分由可见光构成。在长波段有红外光和射电，在短波段有紫外光、X射线和γ射线。

Electromagnetism　电磁性　带电粒子加速时产生的能量。电

磁能具有波粒二象性。传输这种能量的粒子叫光子（以“光”来命名，而光是能够被眼睛观察到的电磁波），波长决定了它的属性——例如是光，还是射电。参见electromagnetic spectrum。

Electron 电子 带负电荷的粒子，围绕原子核运转，形成原子。

Emission nebula 发射星云 参见nebula。

Epoch 历元 星图上约定俗成的一个适用性时间段，一般半个世纪会更改一次（历元1950、历元2000等）。历元需要被指定，是因为春秋分点的岁差在天球坐标——赤经和赤纬上的位置，是相对于背景恒星变化的。

Equation of time 时差 日晷测得的时间（真太阳时）与时钟测得的时间（平太阳时）之差。

Equator，celestial 天赤道 参见celestial equator。

Equatorial mounting 赤道装置 一种望远镜装置，它的极轴与地球自转轴平行，它的赤纬轴与极轴垂直，只需两个天体坐标即可使其方便地将望远镜瞄准天体。参见setting circle。

Equinox 分点 黄道与天赤道相交的点。春分点被定为赤经（R.A.）0时，秋分点被定为赤经12时。可与至点对照。

Escape velocity 逃逸速度 物体要从某个行星或别的天体的重力场中逃离所需的速度。逃逸速度是天体质量和大小的函数，前者决定了其整体引力场的强度，后者决定了在天体表面感受到的场强（即天体的“表面重力”）。地球上的逃逸速度是每秒11.2千米，木星上的逃逸速度是每秒60千米，太阳上的逃逸速度是每秒618千米。

Extinction 消光 恒星或行星在地平线附近，与在天顶相比，光线需要穿过更多的大气，因而导致光减弱的现象。折射也是影响因素。

Eyepiece 目镜 置放在望远镜焦点处以放大图像的一种光学装置。望远镜的放大倍率是望远镜焦距除以目镜焦距，因此目镜焦距越短，望远镜放大倍率越高。

Filament 暗条 参见prominence。

Finder telescope　寻星镜　装配在大型望远镜上的一个较小的、倍率较低的望远镜，作用是将天体置于视场中。

Fireball　火流星　极亮（亮度在—10等或以上）的流星。

Flare　耀斑　太阳或别的恒星表面大气的一种瞬间爆发。

Flare star　耀星　一种小的主序星，会突然（一般在数小时之内）增加亮度，然后又降回到原来的水平，这个过程被认为是表面大型耀斑喷发造成的。

Focal length　焦距　望远镜物镜或主镜与光线汇聚的焦点之间的距离。

Focal point　焦点　参见focal length。

Focal ratio　焦比　望远镜或相机镜头等别的光学系统的焦距，除以主镜（起到聚光作用）或镜头的直径。一架6英寸孔径、60英寸焦距的望远镜，焦比为10，表达式为F/10。

Force　力　粒子之间相互作用的媒介。已知的长程力有两大类——只吸引物体的引力，以及双向的（正电和负电）电磁力。还有两种短程力，叫作强作用力和弱作用力，它们作用于亚原子尺度。

FRAS　（大不列颠）皇家天文学会成员。

Galactic latitude　银纬　与银道面（我们所居住的旋涡星系的星系盘在天球上的投影）的南北距离。银道面与地球赤道面的夹角为63度。

Galactic longitude　银经　从银河系中心人马座的一点出发，沿着银道面向东的距离。

Galactic plane　银道面　银河系星系盘在天球上的投影。参见galactic latitude和galactic longitude。

Galactic pole　银极　银河系自转轴在天球上所指的两个位置之一。

Galaxy　星系　一个大的恒星聚合体，比球状星团更大。宇宙中几乎所有恒星都有自己所属的星系。

Galaxy cluster 星系团 参见cluster of galaxies。

Gamma ray γ射线 电磁能的一种短波形式。参见electromagnetic spectrum。

Gamma-ray burst γ射线暴 太空深处某个地点在某个瞬间发射出的高能γ射线和X射线。

Gibbous 凸月 月球（或别的卫星、行星）的一个相位，发光部位比半圆大，比满月小。

Globular star cluster 球状星团 参见star cluster。

Gravitation 引力 天体之间的互相作用，与它们的质量成正比，与它们之间距离的平方成反比。参见force。

Gravity 重力 参见gravitation。

Greenwich mean time（GMT） 格林威治平时 参见Universal time。

Group 星系群 小的星系团，一般只包含几十个星系。

Heliacal rising 偕日升 严格来说是一颗恒星或行星与太阳同时升起。传统意义上是指一个天体在日出前初现。

Hertzsprung-Russell（H-R）diagram 赫罗图 恒星分类图，其中一轴代表颜色，另一轴代表固有亮度（也叫光度，或绝对星等）。一颗普通恒星一生中大部分时间都待在赫罗图的主序上，然后会移动到红巨星分支，再跌到白矮星的领域。

Horizon 地平线 从观测者角度来看，天空接触地球的部分。球面天文学中，理想的地平线是自天顶以下90度的一个正圆，就如在海面上。因为大气折射和山峦等物体障眼，大部分陆地上的地平线并非完美的正圆。数字星图软件可设置真实地平线，将这些效果都展现出来。

Hour，hour angle 时，时角 在天文学中是赤经的重要测量参数。天球一周圈为24时，每时可分为60分，每分可分为60秒。

Hubble constant 哈勃常数 参见Hubble law。

Hubble law　哈勃定律　星系间的距离增加，增加的速率与它们的距离直接相关——星系间的距离越远，它们的退行速度越快。比较主流的宇宙学理论认为，这是星际空间大尺度膨胀所致。膨胀的精确速度叫作哈勃常数，大约是每秒每百万秒差距60千米，也就是说，两个遥远的星系之间每增加1百万秒差距（326万光年），每秒退行速度增加60千米。

IAU　国际天文学联合会，一个为天文术语命名的官方机构。

IC　星云星团新总表续编中的天体，于1895年和1908年公布，作为星云星团新总表的增补。

Index Catalog　星云星团新总表续编　参见IC。

Inferior conjunction　下合　参见conjunction。

Inferior planet　内行星　轨道位于地球轨道内侧的行星。

Infrared light　红外光　波长比可见光略长的一种电磁能。参见electromagnetic spectrum。

Interferometer　干涉仪　连接两个相隔一定距离的望远镜的一种设备，可以使两个镜子（对于射电望远镜而言就是反射面）组成一面巨型望远镜，获得高分辨率的图像。

Interstellar　星际　恒星之间的区域。

Interstellar medium　星际介质　星际空间中飘游着的尘埃、分子和原子。

Ion　离子　一种原子，电子数量比普通原子要少或多，使其带正电或负电。电离气体易受到磁场作用。

Ionosphere　电离层　地球大气的一层，高度为60到500千米，富含离子，可反射射电波。

Jet　喷流　从原恒星的两极和黑洞吸积盘喷射出的长而细的等离子束。

Jovian　类木行星　与木星类似的一种行星，质量较大，拥有深厚、不透明的大气。

Jupiter　木星　从太阳向外数的第五大行星，太阳系中最大的一颗行星。

Kilometer　千米　等于1000米或0.6214英里。

Kiloparsec　千秒差距　1000秒差距，3260光年。

Kuiper belt　柯伊伯带　位于黄道上的一片由含冰的天体组成的区域，其内侧远在海王星轨道之外，外侧边缘在哪里至今尚不得知。

Laminar flow　片流　流动的气体平滑层，有利于观测，因为没有湍流，可产生稳定的视宁度。

Late star　年老恒星　温度比太阳低的一种恒星。

Latitude　纬度　地球坐标系中，与赤道的南北距离，以度为单位；相当于天球赤纬。在银河系层面，参见galactic latitude。

LED　发光二极管，一种半导体，电流通过时可发光。观星者用它作为夜间设备电源指示灯，因为它不会炫目。

Libration　天平动　任何导致地月朝向产生改变，且使得地球上的观测者可以看到二分之一以上月面的运动。物理天平动由月球自转速率的自然改变产生。周日天平动则因月球在略扁的轨道上运行的速度不同而造成。

Light bucket　光斗　一种短焦距望远镜（一般是大孔径的牛顿望远镜），在聚光能力上可弥补光学精度造成的不足。光斗的制作者常开玩笑地将其深曲面的镜面称作“沙拉碗”。

Light curve　光变曲线　天体（例如变星）亮度随时间发生变化的图形。

Light-second　光秒　光在太空中1秒钟内穿行的距离——186000英里，或300000千米。

Light-year　光年　光在太空中穿行1年的距离，约6万亿英里。

Limb　边缘　太阳、月球、行星或卫星的圆面的视觉边缘。

Limb darkening　临边昏暗　日面（或行星圆面）亮度从中间向边缘递减的现象，这是因为靠近圆面边缘处的光线需穿过更多上层

大气才能抵达我们的眼睛。

Local Group 本星系群 银河系和仙女星系所在的星系群。

Longitude 经度 地球坐标系中，从英国格林威治向西的距离；相当于天球赤经。在银河系层面，参见galactic longitude。

Lookback time 回溯时间 抵达我们的光从遥远天体出发时的时间。例如我们在观测30亿光年远的一颗类星体时，由于回溯时间的缘故，我们现在看到的类星体是它30亿年前的样子。

LTP 月球瞬变现象。

Luminosity 光度 恒星的固有亮度，也是它的绝对星等。恒星光度迥异，太阳比矮星亮1万倍，大质量年轻恒星又比太阳亮100万倍。

Lunar 月 与地球的卫星月亮相关。

Lunar month 太阴月 连续两次新月中间的间隔时间（29天12时44分，或29.53天），又叫朔望月。因为太阳的相对位置在地球运行的时候也在变化，而太阳是月球的光源，所以太阴月也并不完全等于月球的公转周期（27.32天）。月球永远面朝我们，所以它的自转周期（一个月球“日”）和它的公转周期是相等的。

Lunar Transient Phenomenon（LTP） 月球瞬变现象 月球上的瞬时活动迹象，例如闪光、薄雾或别的亮度或色彩上的变化。又叫瞬变月球现象（TLP）。

M 梅西叶星云星团表中天体的符号。

Magellanic Cloud 麦哲伦云 银河系的两大伴星系之一。

Magnetopause 磁层顶 位于地球磁场表面，与太阳风的压力形成均衡之势。

Magnetosphere 磁层 行星磁层顶内的一个球状带。

Magnitude 星等 天文亮度单位，最亮的恒星大约是1等，肉眼可见的最暗弱的恒星大约是6等，数字每增减一个整数，代表亮度增减2.5倍。因此3等星的亮度是4等星的2.5倍。极亮的天体可以用负数表示：满月亮度为—13等，木星最亮时可达—2.9等。配备可长曝

光CCD的大型望远镜能侦测到25等到26等的天体。但这些参数都是视星等，即我们从地球上看到的天体亮度。绝对星等指的是在10秒差距（32.6光年）的距离看到的天体视星等。恒星的视星等由绝对星等和距离（还有一些星际物质的遮蔽的因素）决定。太阳因为距离地球非常近，视星等为—27等，而它的绝对星等只有4.8等。

Main sequence　主序　赫罗图上大部分普通恒星集中分布的一条带，赫罗图是以颜色和光度（或相关属性）给恒星归类的一张图表。

Maksutov telescope　马克苏托夫望远镜　参见telescope，Maksutov。

Mare　月海　月球表面巨大阴暗的熔岩平原，复数为“maria”。

Maria　月海　参见mare。

Mars　火星　太阳系从内往外数的第四颗大行星。火星和地球很像，拥有极地冰盖、四季变换和大气层，但比地球小且温度更低，大气层也更薄。

Mass　质量　天体拥有的物质的量。在一定距离内，质量与天体引力强度直接相关，例如，行星的质量可从绕其运转的卫星的速度推算出来。

Megaparsec　百万秒差距　100万秒差距，等于326万光年。

Mercury　水星　最靠近太阳的一颗大行星。水星小而温度高，布满陨石坑。

Meridian　子午圈　以任意地点的观测者的视角，从北向南经过天顶画一条直线，这条直线就是子午圈。恒星或别的天体经过子午圈时在当地天空中达到最高高度，叫作中天。

Messier Catalog　梅西叶星云星团表　17世纪法国彗星猎人查尔斯·梅西叶编制的星表，罗列了相对明亮的、易与彗星混淆的星云状天体（包括星云、星团和星系）。

Meteor　流星　参见meteoroid。

Meteorite　陨石　击中地球的流星体。

Meteoroid　流星体　一个涵盖性术语，指从太空进入地球大气层的块状尘埃、石头或冰。划过天空的叫流星，落在地面或大海上的叫陨石。

Micrometeorite　微陨星　小型的陨石，大小一般如沙粒或尘粒。

Milky Way　银河　太阳及其行星与超过千亿的其他恒星所处的旋涡星系。也指天空中银河系星系盘内的恒星和星云构成的发光的河。

Minor planet　小行星　参见asteroid。

Minute of arc　角分　参见arc minute。

Molecule　分子　化学基本单位，由两个或两个以上原子构成。

Mounting，mount　装置　支撑望远镜的机械系统，可以使望远镜指向天空中的不同方位。

Multiple star　聚星　由引力绑定在一起的两颗或两颗以上恒星，它们围绕共同的中心运行。如果只有两颗，一般叫双星。

Nadir　天底　处于任意地点的观测者脚下朝向地心的方向。天底距离天顶是180度。

Near Earth Asteroid（NEA）　近地小行星　参见Near Earth Object。

Near Earth Object（NEO）　近地天体　轨道距离地球很近的小行星或彗星。

Nebula　星云　来自拉丁语的“云”，是一团弥散的星际气体和尘埃。发射星云又叫“亮”星云，是像霓虹灯一样发光的星云，可吸收身边恒星的能量并释放出来。吸收星云，又叫“暗”星云，是不发光的星云，只能看到轮廓。许多亮星云也会部分呈现暗星云的特征，因为前景处冷却的气体会吸收背后亮星云发射出的一定波段。反射星云是暗星云，它们反射星光，而非吸收、释放星光。参见planetary nebula。

NEO　参见Near Earth Object。

Neptune　海王星　太阳系从内向外数的第八大行星，类木行星结构。冥王星被归为柯伊伯带天体后，海王星成为太阳系最外侧的行星。

Neutron　中子　原子核内的不带电粒子。

Neutron star　中子星　参见star。

New General Catalog　星云星团新总表　参见NGC。

Newtonian telescope　牛顿望远镜　参见telescope，Newtonian。

NGC　星云星团新总表中列出的天体，最早发布于1888年，在威廉·赫歇尔和约翰·赫歇尔的成果的基础上制成。

Node　交点　天体（如月球或行星）轨道与黄道面相交的两个点。天体自黄道面南运行至黄道面北，叫作升交点；自北至南叫作降交点。

Northern lights　北极光　参见aurora。

Nova　新星　骤然变亮的恒星，往往是之前一直暗弱，用望远镜才能看见，然后突然亮到肉眼可见，因此被命名为“新”的恒星。可与超新星做比较。

Nuclear fusion　核聚变　原子核熔合在一起的一种作用，会产生新的原子核并释放能量。参见star。

Nucleus　核　在原子的概念里，指由质子（对氢而言）或者质子和中子（对于更重的元素而言）构成的结构，外部环绕着原子周围的电子。在彗星上，是指彗星的固体部分，可以喷发出气体和尘埃，形成彗星的彗发和彗尾。在星系上，是指星系中发光的中央区域。

Objective lens　物镜　折射望远镜或双筒望远镜的聚光大镜片。

Oblateness　扁率　行星赤道和极地半径的比率。自转速度快的流体行星的扁率比自转速度较慢的固体行星（比如地球）要高。

Obliquity　交角　行星自转轴与行星轨道面垂直线的夹角，亦即行星轨道面与行星赤道的夹角。地球有四季变换，正是因为有这样

的夹角，而非起因于距离太阳的远近。

Observable universe　可观测宇宙　参见universe。

Occultation　掩　一些看起来较大的天体（例如月球），从一些看起来较小、较远的天体（例如恒星）的面前经过。

Oort Cloud　奥尔特云　彗星聚集而成的大型球体，太阳在球体的中心。

Open star cluster　疏散星团　参见star cluster。

Opposition　冲　行星或其他太阳系天体在天空中处于与太阳呈180度角的位置。

Orbit　轨道　天体围绕另一个质量更大的天体运行的周期性路径。地球绕日运行，太阳绕银河系中心运行，银河系绕本星系群星系团的引力中心运行。

Parallax　视差　从两个或多个地点观察天空中的一颗星时，它所呈现的位置变化。这是通过三角测量法测量恒星距离的一种方法。从地球两端观察邻近的恒星，可测得它们的距离；在地球公转轨道相反的两端做间隔期为6个月的两次观察，可测得更遥远的恒星距离。

Parsec　秒差距　用于深空研究的一种距离单位，等于3.26光年。1个千秒差距等于1000个秒差距（3260光年）；1个百万秒差距等于100万个秒差距（326万光年）。

Penumbra　半影　日食期间，月影外层较淡的阴影部分。被半影遮盖的观测者看到的是日偏食。也指太阳耀斑外层较淡的部分。

Penumbral　半影状　参见penumbra。

Perigee　近地点　卫星在轨道上距离地球最近的点。

Perihelion　近日点　行星或其他太阳系天体在轨道上距离太阳最近的点。

Perturbation　摄动　太阳系天体绕日运行时，受到除太阳之外的其他天体的影响而偏离轨道。彗星近距离经过一颗大质量行星时，轨道会有非常明显的摄动。行星受其他行星引力影响产生的较小的摄动，可以通过轨道计算出来。

Phase　相位　在某个时间从地球视角看到的行星或卫星发光的部分。我们平时经常说的“半”月，用天文话语来说其实是“弦月”。月亮的相位有新月、蛾眉月、上弦月、盈凸月、满月、亏凸月、下弦月、残月。

Photometer　光度计　用以测光的一种设备。

Photometry　测光　测定恒星或其他天体的视亮度。

Photon　光子　传导光和其他形式电磁能的亚原子粒子。

Photosphere　光球　太阳的可见表面。

Pixel　像素　CCD相机的感光点，数量在数千到数百万之间。

Planet　行星　围绕恒星运行的天体，质量比恒星小，比小行星、彗星和柯伊伯带天体大。

Planetarium　天象仪　可模拟夜空视觉效果的一种设备。装载这种设备的建筑或圆顶剧场叫作天象厅。

Planetarium program　星图软件　一种可以展现天文天象的电脑软件。

Planetary nebula　行星状星云　不稳定的恒星喷射出的发光气体外壳（可以有多重的壳）。它拥有盘状外形，从望远镜中看上去像行星的圆面，因此得名行星状星云。

Planetesimal　星子　原始太阳系星云中直径小于10千米的天体。行星被认为是由星子生长而成的。

Plasma　等离子　一种物质状态，没有原子，只有自由的原子核和电子——离子。等离子是恒星和电离的星云的一种特征，等离子体可与电磁场发生强烈的反应。

Plate tectonics　板块构造　行星表面地质活动活跃，地壳部分（板块）随时间推移而移动的一种现象。地球板块构造产生了大陆漂移。

Pluto　冥王星　绕日运行的一颗冰冷的天体，轨道与海王星相交。冥王星最初被认定为一颗行星，但归为柯伊伯带天体或海外天体更合适。

Position angle　方位角　天体在天空中相对于其他天体的位置，测量方法是自北天极画一条线，依次穿过两个天体。角度以方位圈计算。因此如果一个天体在另一个天体的正东方，那么它的方位角是90度；如果在正西方，那么它的方位角是270度。方位角可帮助观测者给双星系统中的恒星和新发现的超新星定位。

Power　倍率　目镜放大图像的程度。从人的角度来说，倍率太高并不一定是好事：用不同的望远镜看不同的天体，在不同的大气条件下，都有不同的理想倍率范围。最好用几个目镜做测试，最佳的目镜一般都不会是最高倍的。

Precession　岁差　行星自转轴缓慢的圆锥形摆荡。地球的岁差使分点位置逐渐变化，这个现象有时候也被称作“分点岁差”。

Primary mirror　主镜　反射望远镜中用以聚光的大镜面。

Prominence　日珥　太阳表面喷发的炽热气体和等离子体。日珥在日面边缘，在太空背景的映衬下可显示出轮廓。日面内可见的日珥叫作暗条。

Proper motion　自行　恒星在天空中位置的移动，由其自身在太空中的实际运动和相对于太阳系的运动引发。

Proton　质子　原子核中发现的带正电荷的粒子。

Protostar　原恒星　处于形成阶段的恒星。

Pulsar　脉冲星　能发出射电能脉冲的中子星。

Quantum　量子　能量的基本单位。

Quantum flux　磁流量子　亚原子层次的能级的随机变化，等价于仿佛从真空中暂时出现的“虚粒子”。

Quasar　类星体　星系中央的明亮天体，可能是由盘旋进入黑洞附近的物质释放出的能量产生的。类星体在现今的宇宙中比较罕见，但在宇宙早期是非常普遍的。参见lookback time。

Radio astronomy　射电天文学　用射电波研究宇宙现象（如太空中氢原子放射出21厘米波长的噪声）的学科。参见electromagnetic spectrum。

Rayleigh scattering 瑞利散射 大气层中微小粒子造成的光的散射。瑞利散射与光波长的四次方成反比。因此地球大气反射的波长较短的蓝光比红光多——这就是天空是蓝色的原因。

Red giant 红巨星 一种演化到晚期的恒星，外层大气膨胀冷却（因此变红），形成了巨大的外壳。

Reddening 红化 星际尘埃作用于星光的一种效应，它使恒星的视星等变低，而蓝光的散射比红光更多，所以使星光看起来更红。注意不可与红移混淆。

Redshift 红移 遥远星系的光谱线向光谱末端低频的红色移动的一种现象，被认为是由星际空间膨胀所致。

Reflecting telescope 反射望远镜 参见telescope，reflecting。

Reflection nebula 反射星云 参见nebula。

Reflector 反射望远镜 参见telescope，reflecting。

Refracting telescope 折射望远镜 参见telescope，refracting。

Refraction 折射 光通过透镜时的弯曲现象。

Refractor 折射望远镜 参见telescope，refracting。

Resolution 分辨率 望远镜获得的细节数量。

Retrograde 逆行 天体自转或公转的方向与一般情况相反。太阳系大部分卫星绕行星的公转方向是一致的，那些与之相反的卫星拥有逆行轨道。多数行星的自转方向是一致的，与之相反的行星为逆行自转。逆行还有一种意思，是指行星在天空中运行的路径看起来是后退的，但并非真正在退行：由于地球的轨道运动，行星有时候看起来像在黄道上逡巡回退——就是逆行——但不久之后又会恢复正常。

Right ascension 赤经 天空中天体从春分点向东的距离，以时为单位，天球一周为24时。

Ritchey-Chretien telescope RC望远镜 参见telescope，Ritchey-Chretien。

Roche limit　洛希极限　卫星绕行星运行而不会被不同的引力撕碎的最近距离。

Roll-off roof　滑动屋顶　天文台的一种设计，屋顶可以靠轮子滑动打开，将望远镜暴露在天空下。

Saturn　土星　从太阳向外数的第六颗大行星。比木星温度低，也较小，有非常壮观的环。

Schmidt-Cassegrain telescope　施密特—卡塞格林望远镜　参见telescope，Schmidt-Cassegrain。

Scintillation　闪烁　图像（可见光或别的波段的电磁辐射，例如射电波）视亮度的变化，由地球大气或太空中的气体尘埃云导致。可与吸收做比较。

Season　季节　行星——例如地球或火星——的某个半球上盛行气候的周期性变化，主要由行星自转轴的倾斜造成。参见solstice。

Second of arc　角秒　参见arc second。

Secondary mirror　副镜　反射望远镜中，光路中除了主镜以外的其他镜面。在牛顿望远镜中，副镜将光反射到镜身一侧；在卡塞格林望远镜中，光由副镜反射回去，通过主镜中央的一个小孔。参见telescope。

Seeing　视宁度　观测所在地空气的稳定程度，一般以分辨率来描述——例如，可以分清的相距最近的双星。对于一个给定的光学系统来说，在一个给定的夜晚，其成像质量很大程度上仰赖于大气视宁度和透明度。

Setting circle　定位度盘　以表示天球坐标赤经和赤纬的方式指示望远镜瞄准方位的两个度盘之一（也可以是电脑读数，在这种情况下叫“电子定位度盘”）。

Shooting star　陨星　参见meteor。

Solar flare　太阳耀斑　参见flare。

Solar nebula　太阳系星云　45亿年前太阳及其行星初步形成时的气体尘埃云。

Solar prominence　太阳日珥　参见prominence。

Solar system　太阳系　太阳及因其引力而绑定在周围的所有天体，包括行星、小行星、柯伊伯带天体和彗星。

Solar telescope　太阳望远镜　只为观测太阳而设计的望远镜。

Solar wind　太阳风　太阳向外喷出的电离氢和电离氦气体。

Solstice　至点　黄道上春分点和秋分点之间的两个中点。太阳运行到夏至点的时候，在天赤道以北最远的地方，因此日光直射地球北半球，产生了北半球的夏季。冬至的时候，太阳在天赤道以南最远处，日光相对不直射北半球，造成了北半球的冬季。参见equinox。

Southern lights　南极光　参见aurora。

Spectra光谱　参见spectrum。

Spectral line　光谱线　参见spectrum。

Spectrogram　光谱图　参见spectroscope。

Spectrograph　摄谱仪　参见spectroscope。

Spectroheliogram　太阳单色像　参见spectrohelioscope。

Spectroheliograph　太阳单色光照相仪　参见spectrohelioscope。

Spectrohelioscope　太阳单色光观测镜　一种光学系统，可以阻挡所有光线，只让光谱的窄频带通过，使得太阳观测成为可能，否则就只能在日全食期间进行观测。记录这种观测的系统叫作太阳单色光照相仪，记录下的结果叫作太阳单色像。

Spectroscope　分光镜　可以观测天体光谱的设备。记录光谱的设备叫作摄谱仪，所做的记录叫作光谱图。

Spectroscopic binary　分光双星　望远镜中不可分辨（“分离”）的双星，但研究其光谱线即可发现端倪。光谱线可揭示两颗恒星不同的构成，以及它们的运行——因为它们围绕共同的中心运行。

Spectroscopy　光谱学　对光谱的研究。参见spectrum。

Spectrum　光谱　将一个物体的光分解成频率的图像，就像钢琴键将音乐分解成一个个音符。在原子中转换的光谱线独一无二，因此对光谱线的研究能够帮助我们了解天体的构成。

Spherical aberration　球差　参见aberration。

Spherical astronomy　球面天文学　将星空当作一个球体，以在球体内部的视角为其测绘和做分析，以天球坐标系为望远镜做瞄准或为船只导航。参见celestial sphere。

Spring equinox　春分点　参见equinox。

Standard candle　标准烛光　一个亮度已知的天体，它的距离可通过对比其绝对星等和视星等而得到精确的计算。用来测量星系距离的标准烛光包括造父变星和超新星。

Star　恒星　一个因引力聚集成球形的等离子体，质量大到足以维持内心的核聚变。中子星是例外，它们是被极度压缩的天体，像巨大的原子核；还有压缩程度较小的白矮星和褐矮星，它们的质量非常小——大约相当于十来个木星——只能进行少量间歇的核聚变。

Star cluster　星团　恒星因引力聚集而成的团。球状星团的体积和质量都较大，年龄较老。疏散星团较小，恒星数量也少，密度较低，相对来说较年轻。

Star，variable　变星　亮度呈周期性变化的恒星。任何一颗普通的恒星都会在某种程度上有脉动，在亮度上会有变化，但变星指这种变化比较明显的恒星。

Substellar　亚恒星　质量不足以维持内核的热核反应。

Summer solstice　夏至点　参见solstice。

Sun　太阳　地球绕之运行的天体。

Sunspot　太阳黑子　太阳的发光表面（或光球）上相对较暗、温度较低的斑块，由所在位置的磁暴所致。用小型望远镜或肉眼在合适的滤镜下观察，都可清晰地看到黑子。

Supercluster　超星系团　上千星系的聚合，直径一般为1.5亿到3亿光年，包含上百个星系团。

Supergiant　超巨星　光度极高的恒星，绝对星等一般在—5等到—8等。

Superior conjunction　上合　参见conjunction。

Superior planet　外行星　参见conjunction。

Supernova　超新星　爆发的恒星。超新星的光度是新星的100倍，而且和新星不一样，它不会重复。

Synchronous rotation，synchronous motion　同步绕转，同步运动卫星（如地球的月亮）自转与公转周期相同，所以一直是同一面朝向行星。这种现象又叫引力锁定或受俘自转。

Synodic period　会合周期　synodic来自希腊语“会合”，指两次行星合之间的时间。

Tail　彗尾　彗星的彗核部分喷出的尘埃和气体被日光和太阳风扫出的流状结构。

Telescope　望远镜　可以将光线（或别的形式的电磁能）聚集到一个焦点的设备。

Telescope，Cassegrain　卡塞格林望远镜　一种望远镜设计，光线经由主镜反射后，再由副镜弹回，通过主镜中央的洞，然后到达焦点。据说是法国雕刻家纪尧姆·卡塞格林发明的。

Telescope，Dobsonian　多布森望远镜　牛顿望远镜的经济版，发明者是约翰·多布森。

Telescope，Maksutov　马克苏托夫望远镜　一种望远镜设计，光线经过一面球面改正镜，然后再经由球面镜反射。大多数马克苏托夫望远镜会在改正板背面放一个反射点，光由此反射，然后穿过主镜的洞，类似于卡塞格林系统。这种折叠式的设计将长焦距折叠成紧凑的外形，适合便携望远镜。

Telescope，Newtonian　牛顿望远镜　一种望远镜设计，主镜弹回的光线可通过一面副镜抵达镜身一侧。由艾萨克·牛顿发明。

Telescope，reflecting　反射望远镜　以主镜聚光的望远镜。

Telescope，refracting　折射望远镜　以单面或多面物镜将光线

聚集到一个焦点的望远镜。

Telescope，Ritchey-Chretien　RC望远镜　一种可照相的反射镜，近年多用于CCD摄影，采用的是卡塞格林式设计，但有独特的镜面，角度广且图像锐利。由美国光学仪器制作师乔治·威利斯·里奇和法国光学设计师亨利·克雷蒂安设计。

Telescope，Schmidt-Cassegrain　施密特—卡塞格林望远镜　一种望远镜设计，将纪尧姆·卡塞格林和天文学家伯恩哈德·施密特的发明结合而成，在卡塞格林光路设计的基础上，在镜身的星光接收端加上一面改正镜。施密特—卡塞格林和马克苏托夫望远镜最大的区别在于改正板的形状，马克苏托夫的改正板更简单。

Terminator　明暗界线　行星或卫星被日光照亮的部分和阴暗部分的界线。

Terrestrial　地球的　地球上的或和地球相关的。

Theodolite　经纬仪　测绘师的一种工具，一般可与小型望远镜搭配，用以测量水平角和高度角。

Tide　潮汐　地球上海面高度的一种变化（陆地也会有一点），由月球和太阳（后者影响比较小）的引力拖拽导致。

TLP　参见Lunar Transient Phenomenon（LTP）。

TNO　参见Trans-Neptunian Object。

Transient Lunar Phenomena（TLP）　瞬变月球现象　参见Lunar Transient Phenomenon（LTP）。

Transit　凌　小型天体在天空中的运行路径从较大天体圆面前穿过，例如水星或金星从太阳前面穿过，或者卫星从木星或土星前面穿过。参见conjunction。

Trans-Neptunian Object（TNO）　海外天体　主要由冰构成的一类太阳系天体，一般在海王星轨道以外。

Transparency　透明度　观测时空气的清澈程度，例如是否有云、尘埃、水蒸气。某时某地的空气质量可以用透明度和视宁度来描述。

Ultraviolet　紫外线　波长比可见光短，比X射线长。参见electromagnetic spectrum。

Umbra　本影　日食期间，月影最暗的中间部分；位于本影中的地面观测者看到的是日全食。也指太阳黑子中间的黑暗部分，其周围围绕着较淡（温度更高）的半影。

Umbral　本影的　参见umbra。

Universal Time（UT）　世界时　本初子午线上的时间，本初子午线经过英国的格林威治，经度为0度。天文学家使用世界时，以避免总得在不同地区换算当地时间的麻烦。

Universe　宇宙　过去、现在和未来从地球上可观测到的一切现象。可观测宇宙是一切过去和现在的现象的一个子集。

Uranus　天王星　从太阳向外数的第七颗行星。是一颗类木行星，相对缺乏上层大气结构。

Variable star　变星　参见star，variable。

Venus　金星　从太阳向外数的第二颗行星。金星在大小和质量上都像地球的孪生兄弟，但温度更高，大气密度更大。

White dwarf　白矮星　炽热但暗弱的恒星，质量大约和太阳差不多，但密度更大。

Winter solstice　冬至点　参见solstice。

X ray　**X射线**　波长介于紫外线和γ射线之间的一种电磁能。参见electromagnetic spectrum。

Year　年　地球围绕太阳完成一圈公转的时间（365.256天）。

Zenith　天顶　任何一位观测者头顶的那一点。与天底相反。

Zodiac　黄道带　行星在地球的天空中所走的一条带，亦即黄道。传统上（例如占星学）将其分为12个星座，不过现代星图的黄道上有13个星座（多出的那个是蛇夫座）。“Zodiac”是希腊语“动物的巡回”的意思，因为大部分黄道星座都是动物的形态。它们分别是摩羯座、双鱼座、白羊座、金牛座、巨蟹座、狮子座、天蝎座——如果你喜欢的话，也可以加上半人半马的人马座。

Zodiacal light　黄道光　由日光散射尘埃颗粒产生，在夜晚天空中可见，沿着黄道呈现为锥状或带状的光。

注释

前言

[1]黑麋鹿（1863—1950），北美印第安奥格拉拉苏族人，身兼猎人、战士、行医圣者等多种角色。——编注

[2]George E.Hale，“The Work of Sir William Huggins.”*Astrophysical Journal*，April 1913，p.145.

[3]解仁江，私人通信，2001年5月9日。

[4]1英尺等于30.48厘米。——编注

[5]钠光波长约为589纳米。——编注

[6]1英里约等于1.6千米。——编注

[7]1磅约等于0.45千克。——编注

第一章　开始

[8]V.M.Hillyer，*A Child's History of the World.* New York：Century，1924，p.ix.

[9]出处同上，p.5。

[10]1英寸等于2.54厘米。——编注

[11]天文学家常说，透过地球大气观测星空，犹如在水下看地面上的景物。这句话听起来有些夸张。新罕布什尔州的天文爱好者凯文·J.麦卡锡养成一个奇怪的习惯，他在他的游泳池底透过8英尺深的水观星，然后发现看到的景象比预期的要好很多。180度的苍穹在水的折射下被挤到仅有97度宽，而且在水面上能看到的每颗星星，在水底同样能看到。

[12]Booker T.Washington White，“Special Streamline.”

[13]Albert Einstein，*Autobiographical Notes*，in P.A.Schilpp，*Albert Einstein*：*Philosopher-Scientist*.London：Cambridge University Press，1969，p.5.

[14]美国国家标准与技术研究所（简称“国家标准局”）属下的时间和频率资讯无线电台。——编注

第三章　氧层

[15]冲突由黑人音乐起头，蔓延到南方大部分地区。田纳西州的一个白人至上组织的传单上写着："停下！救救美国的年轻人……打电话给播放这种音乐的广播台的广告商，向他们投诉！"但这些音乐被证明是不可抵抗的。

[16]即土卫六。——译注

[17]R.H.Blythe，*Zen and Zen Classics*.Tokyo：Hokuseido，1976，vol.2，p.170.

[18]截至2001年，这个项目每秒进行10万亿次浮点运算。

[19]1997年，詹姆斯·科尔德、约瑟夫·拉齐奥和卡尔·萨根（"Scintillation-Intermittency in SETI"，astro-ph/9707039）提出星际闪烁"极有可能让我们初步检测到远距离（大于100秒差距）发出的窄频段信号，却不太可能被再次侦测到"。换句话说，从距离地球几百光年远的行星传来的外星信号，是有可能被短暂接收到的，但几分钟后SETI团队重新检查时它又不在了，因为信号在途中受到了像臭氧层一样不稳定的星际气体云的显著衰减。他们建议SETI项目经常重新观测天空中曾收到短暂信号的区域，那些信号一度因为没有再次出现而被认为是误报。"我们不能排除一些类似这样的'误报'其实可能是真实存在的地外智慧生物讯号。"他们写道。

[20]在这个老故事的一些版本中，询问法拉第的人据说是英国首相。（例如John Simmons，*The Scientific 100*.Secaucus，N.J.：Carol Publishing，1996，p.62。）还有些版本摒弃了这个说法，认为它是假的。

[21]"Johnny B.Goode，"written and performed by Chuck Berry，from *Chuck Berry's Golden Decade*，Chess Records LP 1514D.

[22]"怀特曼"（Wightman）与"白人"（White Man）发音相近。——编注

第四章　业余爱好者

[23]尽管几十年以来，200英寸望远镜被看作专业天文学的象征，然而，它那独特的、有如建筑物般庞大又能以只手之力平滑移动的马蹄形装置，其实是天文爱好者H.佩奇·贝利的发明。贝利是一名牙医，爱好广泛，有一次，一个患者给了他15英寸的镜面以冲抵看牙的费用，他从此开始陷入望远镜的世界。他于1930年开始构想马蹄形装置——这是个从内到外都非常稳固的设计，可以让望远镜轻易指向天空中的任何方位——并建造了两个，一个他自己用，另一个给了圣贝纳迪诺初级学院。前来学习他的设计的参观者中有个叫罗素·波特的人，是业余望远镜制作者兼插画家，曾在南极探险，还曾被召入帕洛马开发团队。在大型装置中，贝利的马蹄形装置胜过了罗素的叉式设计，但罗素似乎还是因此广受赞誉，他在他的回忆录中含糊地写道："巧的是，几年前，我见到过类似这样的马蹄形设计！"（Russell Williams Porter，*The Arctic Diary of Russell Williams Porter*.Herman Friis，editor.Charlottesville：University Press of Virginia，1976，p.168.）贝利死于1962年，谁能想到，他死后，他自己的那个装置几经转手，最终流落到加利福尼亚州雷德兰兹的一家机械修理店内堆废品的院子里，锈迹斑斑。另一位天文爱好者艾伦·古特米勒在20世纪90年代将它重新修葺，并与一台20英寸便携式牛顿反射望远镜装在一起，用卡车驮着它们，风吹日晒地到高海拔的观测地去。经过的司机看着它一闪而过，谁会知道他们看到的是伟大的帕洛马望远镜的种子呢。

[24]John Lankford，“Astronomy's Enduring Resource.”*Sky & Telescope*，November 1988，p.482.

[25]弗格森让教徒乐于接受天文学，他宣称，正如他所见到的那样，“凭借着来源于这门科学的知识，我们不仅发现了地球的大小……而且自身的才能也被它所传递的恢宏理念拓宽了，我们的心智超越了庸人卑下的偏见，我们的认知受到信念的感染，深信上帝的存在、智慧、力量、美德、不朽和监督者的地位”。他也是当时科学写作中时新的“万物微不足道”流派的大师，他写道，天文学“向我们揭示了多得令人难以置信的恒星、星系和世界，它们散布在无垠的宇宙中。换言之，我们的太阳及其所有的行星、卫星和彗星都湮灭了，在一只能够容纳整个宇宙的眼睛里，它们不足为道，只是海滩上的沙粒——它们所占的空间相对来说如此之小，在宇宙中几乎算不上是一块可被感知的空白”。（James Ferguson，*Astronomy Explained upon Sir Isaac Newton's Principles*.Philadelphia：Mathew Carey，1806，pp.31，34.）

[26]George W.E.Beekman，“The Farmer Astronomer.”*Sky & Telescope*，May 1990，p.548.

[27]从地球观察者的视角而言。——译注

[28]Allan Chapman，*The Victorian Amateur Astronomer*.New York：Wiley，1998，p.208.

[29]Patrick Moore，“The Role of the Amateur.”*Sky & Telescope*，November 1988，p.545.

[30]*Oxford English Dictionary*，second edition.

[31]Chapman，*The Victorian Amateur Astronomer*，p.xi.

[32]这是一颗嵌在NGC 2261中的恒星，尽管我们的视线被遮挡，无法直接看到它，但它把邻近的云的影子投在了地球能看到的一片大的扇形云上。随着邻近的云的移动，影子也在变化，改变着星云的亮度。

[33]莱斯大学的T.R.威廉姆斯在他的论文“The Director's Choice：Mellish，Hubble and the Discovery of the Variable Nebula”中重述过这个故事。论文发表于AAS 197，January 7，2001，Session 1：“Boners of the Century”。威廉姆斯补充说：“梅利什几周后发现了另一颗彗星，而弗罗斯特却推迟了几天才向哈佛报告，以拍照确认这个发现。”乔治·范·别斯布鲁克确认了这一说法，他是一个业余爱好者出身的专业天文学家，在叶凯士天文台从事观测工作。

[34]John Lankford，“Astronomy's Enduring Resource.”*Sky & Telescope*，November 1988，p.483.

[35]Leif J.Robinson，“Amateurs：A New Dawning.”*Sky & Telescope*，November 1988，p.453.

[36]概括地说，很多领域的业余爱好因战后工业化革命带来的繁荣而兴起。我童年的那架反射望远镜，在1956年大约价值15天的美国人平均日薪，而在1990年只需要五分之一的价格就能买到了。

[37]Don Moser，“A Salesman for the Heavens Wants to Rope You In：Astronomer John Dobson.”*Smithsonian*，April 1989，p.102.

[38]Patrick Moore，*The Astronomy of Birr Castle*.London：Mitchell Beazley，1971，p.24.

[39]家用摄像机使用CCD，可以捕捉到湍流空气异常清晰的时刻。摄像机一般每秒可以拍摄60帧图像，由奇数和偶数列交错组成，构成每秒30帧的单个视频。这个特征被少数业余爱好者发现，在记录一些明亮天体，比如行星、月球和人造卫星的时候，他们用它来捕捉"视宁"极佳的一些瞬间。罗恩·丹托维茨巧妙地发展了这个技术，在他教授天文课的波士顿科学博物馆，利用一台跟踪望远镜拍摄视频，然后将每帧最锐利的部分挑出，拼接成了一张高分辨率的照片。他拍摄的轨道上的航天飞机静态照片细节丰富，航天飞机上的货舱门是否打开都能看得清清楚楚。美国国家侦察局的官员找上门来，因为他们担心他的技术会被用来监视间谍卫星。丹托维茨热情地给他们做了个展示。他从自己的数据库中调取了一个机密的"长曲棍球"卫星的轨道参数，然后在几分钟之内就跟踪到了它。"你能看出这就是'长曲棍球'，"他简洁地说，"你看它那清晰的橘红色……可能是隔热层的缘故。"他描述安全官员对于他这个壮举的反应是"隐忍不发"（Ron Dantowitz，"Sharper Images Through Video，"*Sky* & *Telescope*，August 1998，p.54）。

[40]艾伦·桑德奇，作者的电话采访，2000年1月3日。

[41]William Blake，*The Marriage of Heaven and Hell*，9，7，in Geoffrey Keynes，ed.，*Blake*：*Complete Writings*. London：Oxford University Press，1972，p.152.

你能看到多少？拜访斯蒂芬·詹姆斯·奥马拉

[42]由于奥马拉的身份是业余爱好者，很多教科书和科学论文都忽略了他的发现。我浏览网页，看到了很多这样的说法："在地球上并不能测出天王星的自转周期，因为它的行星盘几乎是无任何特征的"（蒙特利尔天文研究所），"由于地面望远镜的分辨率局限，天王星大气特征的细节观测几乎不可能实现"（空间望远镜研究所），还有"在'旅行者号'之前……这颗行星的自转速率只能被粗略估算，据信在16到24小时之间"（喷气推进实验室"旅行者号"天王星科学总结）。

[43]蜘蛛星云的别名。——译注

第五章　专业工作者

[44]Joseph Patterson，"Our Cataclysmic-Variable Network."*Sky* & *Telescope*，October 1998，pp.77ff.

[45]出处同上。

[46]获得了哈勃时间的业余爱好者还有以下几位：安娜·拉森，搜寻系外行星；詹姆斯·赛考斯基，调查木卫一从木星阴影中出现时的不明亮光；雷蒙德·斯特纳，研究连接星系的光弧。

[47]Paul Boltwood，"Experiences With Pro-Am Relations，"in John R.Percy and Joseph B.Wilson，eds.，*Amateur-Professional Partnerships in Astronomy*.San Francisco：Astronomical Society of the Pacific，2000，pp.193—194.

[48]有一项研究将天文爱好者分为五大类，估算在北美约有5000名专业工作者、500

名“资深”业余爱好者、40000名“有经验的业余爱好者”、10000名新手，以及200000名至少“对天文略有兴趣”的人。Andreas Gada，Allan H.Stern，and Thomas R.Williams，“What Motivates Amateur Astronomers？”in Percy and Wilson，eds.，*Amateur-Professional Partnerships*，p.15.

[49]另一项巡天项目叫TASS——业余爱好者巡天。这个项目将定制的比较简单并配有CCD的望远镜分配给志愿观测者。虽然望远镜没有跟踪装置，只是简单地给地球自转时每晚经过的一小片天空拍摄图像，但二十多架TASS望远镜——这些望远镜仅仅由一个相机镜头和一个装在外壳里的CCD芯片组成——能够在一年里对1万颗恒星中的每一颗都进行200次测量。尽管TASS是由业余爱好者运作的，但被证明极具吸引力，连专业工作者也参与进来。他们计划在未来建造更大的设备。“建好以后，我们会把它们分发给在互联网上与我们保持通信的陌生人，”TASS的创始人汤姆·德勒格写道，“我们希望他们能够编写程序，利用搜集到的数据为科学做出贡献。”

[50]1英亩约等于0.4公顷。——编注

[51]B＆B即bed＆breakfast，指提供床和早餐。——译注

[52]天琴座ε，四重星。——译注

绘出宇宙：拜访杰克·牛顿

[53]*Amateur Astronomy*，Winter 2000，p.3.

[54]1码等于91.44厘米。——编注

第六章　石山

[55]Harold Richard Suiter，*Star Testing Astronomical Telescopes*：*A Manual for Optical Evaluation and Adjustment*. Richmond，Va.：Willmann-Bell，1994，p.3.

[56]出处同上，p.2。

[57]指能在20英尺的距离看到一般人在15英尺处看见的物体。——编注

第七章　太阳的疆域

[58]Timothy Ferris，*The Red Limit*.New York：Morrow，1983，p.95.

[59]可靠的太阳滤镜由聚酯或玻璃制成。不要用烟熏玻璃或别的自制品：它们可能确实会降低太阳的视亮度，看起来好像很安全，但红外波段光会损伤眼睛。要避免将滤镜装在目镜上：聚焦的阳光热量会烧裂滤镜，在观测者有时间做出反应之前，阳光就会进入并损伤眼睛。

[60]P.Clay Sherrod，*A Complete Manual of Amateur Astronomy*.Englewood Cliffs，N.J.：Prentice-Hall，1981，p.101.

[61]Gerald North，*Advanced Amateur Astronomy*.Cambridge，U.K.：Cambridge

University Press，1997，p.249.

[62]很多主序星、类日恒星都被认为是这种稳定性的典型，但天文学家并不能确认。有一个据我所知还没完成的很有趣的业余天文项目，就是用CCD监测几百颗类日恒星在多年内的亮度，看它们是否如太阳一般稳定。

[63]Michael Maunder and Patrick Moore，*The Sun in Eclipse*.New York：Springer，1998，p.54.

[64]Herbert Friedman，*Sun and Earth.* New York：Scientific American Books，1986，p.70.

[65]Terence Dickinson and Alan Dyer，*The Backyard Astronomer's Guide.* Camden East，Ont.：Camden House，1991，p.146.

[66]William Sheehan and Thomas Dobbins，“Mesmerized by Mercury.”*Sky* & *Telescope*，June 2000，p.109.

第八章　晨星与昏星

[67]Eugene O'Connor，“Chasing Venus Around the Sun.”Undated report on the Web site of the Astronomical Society of New South Wales.

第九章　月舞

[68]Joseph Ashbrook，*The Astronomical Scrapbook*.Cambridge，Mass.：Sky Publishing，1984，p.230.

[69]David Harry Grinspoon，*Venus Revealed*：*A New Look Below the Clouds of Our Mysterious Twin Planet*.Reading，Mass.：Addison-Wesley，1997，p.48.“黑滴”现象现在被认为是由多种条件结合产生的，包括当地当时的视宁状况和观测的地点。

[70]William Sheehan and Thomas Dobbins，“Charles Boyer and the Clouds of Venus.”*Sky* & *Telescope*，June 1999，p.57.

[71]出处同上，p.59。

[72]出处同上，p.60。

[73]E.C.Krupp，“The Camera-Shy Planet.”*Sky* & *Telescope*，October 1999，p.94.

[74]Grinspoon，*Venus Revealed*，p.49.

[75]Krupp，“The Camera-Shy Planet，”p.95.

[76]Thomas A.Dobbins，Donald C.Parker，and Charles F.Capen，*Introduction to Observing and Photographing the Solar System.* Richmond，Va.：Willmann-Bell，1992，p.33.

[77]第一句话：Mikhail Ya.Marov and David Harry Grinspoon，*The Planet*

Venus.New Haven：Yale University Press，1998，p.384.第二句话：Mark A.Bullock and David H.Grinspoon，“Global Climate Change on Venus.”*Scientific American*，March 1999，p.57.

[78]帕特里克·摩尔后来在查阅文献时发现，德国天文学家尤利乌斯·弗朗茨更早描述了这个区域。于是他在2009年指出，东海的发现者应是弗朗茨。——编注

[79]Joseph Ashbrook，*The Astronomical Scrapbook*.Cambridge，Mass.：Sky Publishing，1984，p.233.

[80]普鲁塔克对日食——可能是公元71年3月20日的那次——的解释是古代唯一提到太阳日冕的，他也是提到日全食期间星星会出现的三个人之一。另外两个分别是修昔底德（他于公元前431年看见了日食）和特拉雷斯的弗莱贡（他观测到的可能是公元29年的那次日食）。

[81]Galileo Galilei，*Siderius Nuncius*，trans.A.Van Helden.Chicago：University of Chicago Press，1989，p.36.

[82]出处同上，p.42。

[83]Scott L.Montgomery，*The Moon and the Western Imagination*.Tucson：University of Arizona Press，1999，p.112.

[84]Michael J.Crowe，*The Extraterrestrial Life Debate 1750—1900：The Idea of a Plurality of Worlds from Kant to Lowell*.Cambridge，U.K.：Cambridge University Press，1986，p.74.

[85]出处同上，p.60。

[86]出处同上，p.63。表示强调的部分为赫歇尔所标注。

[87]出处同上，p.112。

[88]出处同上，p.207。

[89]出处同上，p.393。

[90]Edgar Allan Poe，“The Unparalleled Adventure of One Hans Pfaall.”In Harold Beaver，ed.，*The Science Fiction of Edgar Allan Poe*，New York：Viking Penguin，1976，p.55.

[91]坡为了将故事发表在一部文集中而做的备注；见Beaver，ed.，*The Science Fiction of Edgar Allan Poe*，p.58。

[92]洛克最初的目标应该是托马斯·迪克牧师，后者辩称，多元化宗教的基础在于认为生命存在于宇宙各处。洛克的来信在巴黎科学院被大声读了出来，里面的人听后大笑。

[93]Winifred Sawtell Cameron，“Lunar Transient Phenomena.”*Sky* & *Telescope*，March 1991，p.265.

[94]出处同上。

[95]当然，并非所有LTP报告都能以UFO解释，不代表它就不能和UFO有半点关系。关于这一问题的综述，参见William Sheehan and Thomas Dobbins，“The TLP Myth：A Brief for the Prosecution.”*Sky ＆ Telescope*，September 1999，p.118（TLP是LTP的另一种说法）。他们推断LTP的报告集中于月球少数几个地区，是因为观测者对LTP过去报告的细节“所关注的范围极度不均匀”所导致的“反馈”效应。他们评价LTP“是堪比火星运河的时代性错误”。

[96]Alan MacRobert，“The Moon Shall Rise Again.”*Sky ＆ Telescope*，November 1988，p.478.

[97]令人困惑的是，这种现象在观测中被称作月球减速。因为月球移动到较高轨道位置的时候，与背景恒星的相对位移速度会慢很多——和飞机在较高位置的时候比近看要慢很多的道理一样。月球的视减速预测速率为每100年28角秒，而观测到的实际情况为23角秒。理论和观测结果不一致的原因尚未被完全弄清楚。

[98]Maurice Hershenson，ed.，*The Moon Illusion*.Hillside，N.J.：Lawrence Erlbaum，1989，p.7.

[99]出处同上，p.11。

[100]在暗室里用一只灯泡和一张白纸就可以简单重现这个视错觉。对着灯泡看几秒钟，再看向白纸，你会在纸上看到一个灯泡的“后象”，然后将白纸移到远处，就会注意到后象变大了！某种意义上，大脑是在说：“如果看上去有这么大，现在又比我想的要远，那一定比我想的也要大很多。”

[101]“Maxims and Reflections，”in Douglas Miller，ed.and trans.，*Goethe：Scientific Studies*.New York：Suhrkamp，1988，p.308.

[102]Bob Dylan，“License to Kill.”“挑战者号”航天飞机爆炸两周后，1986年2月12日，迪伦在澳大利亚悉尼演唱这首歌前加了一段话，他的声明如下：“这是我不久前写的东西，是关于这个太空项目的。你们都听说了这场悲剧，对吧？……人们没有资格飞上天。地球上需要解决的问题还不够多吗？所以我想把这首歌献给所有被骗上天的可怜人。”我个人很尊重迪伦，无论如何他在他的时代都是声名赫赫的艺术家，但他的逻辑就如同说第一条肺鱼没资格上岸，恐龙不应该飞翔。

[103]Christopher Dickey，“Summer of Deliverance.”*The New Yorker*，July 13，1998，p.40.

第十章　火星

[104]William Herschel，“On the Remarkable Appearances at the Polar Regions of the Planet Mars，the Inclination of Its Axis，the Position of Its Poles，and Its Spheroidal Figure，with a Few Hints Relating to Its Real Diameter and Atmosphere.”*Philosophical Transactions of the Royal Society* 81，pt.1（1781）：115；quoted in William Sheehan，*The Planet Mars：A History of Observation ＆ Discovery*.Tucson：University of Arizona Press，1996，p.34.

[105]这个时间范围是个整数。一个地球年是365.26天，一个火星年是696.98天，两次冲日的平均间隔是779.74天。这就是会合周期，小到764天，大到810天。

[106]Vincenzo Cerulli，“Polemica Newcomb-Lowell-fotografie lunari.”*Rivista di astronomia* 2（1908），p.13，quoted in Sheehan，*The Planet Mars*，p.130.

[107]Percival Lowell，*Mars and Its Canals*.New York：Macmillan，1906，p.376.

[108]Donald E.Osterbrock，“To Climb the Highest Mountain：W.W.Campbell's 1909 Mars Expedition to Mount Whitney.”*Journal for the History of Astronomy* 20（1989），p.86.

[109]出处同上，pp.78—97。

[110]E.E.Barnard，unpublished ms.at Vanderbilt University.Quoted in Sheehan，*The Planet Mars*，p.116.

[111]Bruce Murray，*Journey into Space*：*The First Three Decades of Space Exploration*.New York：Norton，1989，p.43.

[112]卡尔·萨根，作者的采访，1972年于纽约州伊萨卡。

[113]C.R.Chapman，J.B.Pollack，and C.Sagan，*An Analysis of the Mariner 4 Photographs of Mars*，Smithsonian Astrophysical Observatory Special Report 268.Washington，D.C.：The Smithsonian Institution，1968.

[114]数月前，洛厄尔天文台的天文学家查尔斯·卡彭恰好预见了这个发展。他注意到火星快要运行到远日点时，明显发生了一场最大的尘暴，他写道：“一场巨大的大气扰动会干扰……‘水手号’轨道飞行器的第一个任务。”事实的确如此。英国天文爱好者艾伦·希思是最先发现这场尘暴的人之一。他用的是一架12英寸反射镜。他的报告和别的报告一起预告了“水手号”最早可能——或可能不会——在火星上看到什么东西。

[115]Murray，*Journey into Space*，p.65.

[116]约翰·梅利什是一位天文爱好者，1915年11月，叶凯士天文台允许他使用他们的40英寸克拉克望远镜观测火星，他宣称在这颗红色行星上看到了“很多陨石坑和裂痕”，并以之前其朋友兼导师E.E.巴纳德于1892年到1893年间在利克天文台的绘图作为补充，这个绘图也展现了类似的“山脉和山峰，以及陨石坑”。梅利什自己的绘图并未被公布，后来在他工作室的一场火灾中被损毁，所以他的话并未被采信。科普作家、天文爱好者威廉·希恩在叶凯士的阁楼上发现了巴纳德画的一些火星旧作，它们可能就是梅利什参考的那些。这些画作呈现了类似陨石坑的特征，当中有一些是山，但没有一个是真正的火星陨石坑。参见William Sheehan，“Did Barnard ＆ Mellish Really See Craters on Mars？”*Sky* ＆ *Telescope*，July 1992，p.23。

[117]C.F.Capen，*The Mars 1964——65 Apparition*，JPL Technical Report No.32—990.Pasadena，Calif.：Jet Propulsion Laboratory，1966，p.10.

[118]出处同上，pp.62，66，75—76，78，79。

[119]唐纳德·帕克，私人通信。

[120]Stephen James O'Meara，“Observing Planets：A Lasting Legacy.”*Sky* ＆ *Telescope*，November 1988，p.475.

[121]Donald C.Parker and Richard Berry，“Clear Skies on Mars.”*Astronomy*，July 1993，pp.72ff.

[122]凯瑟琳·苏利文，作者的采访，1999年于华盛顿。

[123]测量一颗行星的极轴倾角，是画一条与其轨道平面垂直的线，然后测量极轴与它的夹角。一颗"站得笔直"的行星，也就是赤道面平贴着轨道面，其极轴倾角为0度；如果行星横躺，极轴嵌在轨道面内，那么其倾角就是90度。

[124]火星轨道的偏心率目前是0.093，过去曾达到0.13。地球轨道的偏心率目前是0.017，从未超过0.05。

[125]David Morrison，*Exploring Planetary Worlds*.New York：Scientific American Library，1993，p.141.

[126]出处同上，p.143。

[127]卡尔于1996年12月20日去世，享年62岁。为了纪念他，自"海盗号"以来第一个成功登陆火星的探测器——降落在阿瑞斯谷的"探路者"着陆器，被命名为"卡尔·萨根纪念站"。

黑暗尽头的光：拜访詹姆斯·特瑞尔

[128]特瑞尔生于1943年5月6日，是在空袭后的第十四个月，所以时间未必吻合；但就像约翰逊博士谈论宝石铭文时所说的那样，讲述精彩的家族故事时，"一个人是不必起誓的"。

[129]James Turrell，"Night Curtain."Internet posting under James Turrell/Roden Crater，adapted from his book *Air Mass*.London：South Bank Centre，1993.

[130]詹姆斯·特瑞尔，作者的采访，2000年12月20日于亚利桑那州弗拉格斯塔夫。

[131]出处同上。

[132]詹姆斯·特瑞尔在加州大学伯克利分校建筑系的致辞，2000年11月27日。

[133]一个日本电视台在特瑞尔不知情与未同意的情况下，借用了特瑞尔装置里的光脉冲，然后将其加速，放在一个"宠物小精灵"电视节目里，上百名观看者在观看节目之后感到不适并就医。医生对这场疾病暴发的缘由持不同意见，但大部分还是诊断为光敏性癫痫。这种疾病暴发的诱因可能是电视频闪达到了32赫兹，已经非常接近人眼看到一帧帧独立电影画面时不会感到闪烁，而是感知到连续画面的那个点。特瑞尔装置上的电视效果是将孤立的观众置于一个"甘兹菲尔德球体"中，创造出一个无特征的视觉空间，宛如将半个乒乓球罩在眼睛上。不过在这个装置中，光的脉冲速率更慢也更安全。

[134]詹姆斯·特瑞尔在伯克利的致辞。

[135]Jeffery Hogrefe，"In Pursuit of God's Light."*Metropolis*，August 2000.

[136]尽管"standstill"（停变线）用得比较多，但一些考古学论文更喜欢用的天文术语是"lunar and solar stillstand"。

第十一章　天外来石

[137]关于陨石伤人的历史报告概述，可参见John S.Lewis，*Rain of Iron and Ice.* Reading，Mass.：Addison-Wesley，1996，pp.176—182。

[138]“Meteorites Pound Canada.”*Sky* ＆ *Telescope*，September 1994，p.11.

[139]Dennis Urquhart，Research Communication of the University of Calgary，May 31，2000.

[140]虽然这个词和惠普尔有点关系，他也经常用这种说法，但1996年我在哈佛的时候问过他这个问题，他回忆说自己一开始用的是“冰聚合物”这个词，后来一个报社记者想出了“脏雪球”。

[141]休斯·帕克，私人通信，1998年秋。

[142]“气象学”英文词根为“流星”。——译注

[143]Moh'd Odeh，on the Jordanian Astronomical Society Web site，*www.jas.org.jo*.

[144]Lewis，*Rain of Iron and Ice*，p.50.曾有理论认为——这个理论颇具争议——是这次撞击制造了焦尔达诺·布鲁诺环形山，月球上地质年龄最年轻的大陨石坑之一。我对此并不认同。

[145]狮子流星群冲击月球是在流星雨峰值从欧洲过境的两个半小时之后，因为那一天月球恰好位于地球绕日运行的轨道后方。地球离开狮子星流的富集区之后，月球才进入，因此地球上的焰火刚尽，月球上的烟火才开始。

[146]Erik Asphaug，“The Small Planets.”*Scientific American*，May 2000，p.50.

[147]测定小行星的结构和密度（例如，它们是否大体上是固体，或只是碎石堆），是为了预测一颗小行星撞击地球时，其冲击力更像是炮弹还是猎枪。少数体积小的越地小行星以奇特的形状著称，比如3671狄俄尼索斯和1996 FG3。

[148]Dennis di Cicco，“Hunting Asteroids.”*CCD Astronomy*，Spring 1996，p.8.

[149]出处同上，p.11。

[150]Joseph Ashbrook，*The Astronomical Scrapbook*.Cambridge，Mass.：Sky Publishing，1984，p.73.

[151]依照传统，彗星一般以发现者的名字命名，再加上年份和当年的发现顺序。例如IRAS—荒木—阿尔科克彗星（1983d）就是1983年被发现的第四颗彗星，分别被两个观测者和IRAS（红外天文卫星）独立发现。后来国际天文学联合会提出了新的命名规则，日期以半年为界，因此1995年上半年发现的第一颗彗星就被命名为1995 A1；字母前缀表示这颗彗星是周期彗星（P），抑或是其轨道在相当长一段时间内都不会将它带回的非周期彗星（C）、永远不会再回归的已消失彗星（D），或者有可能是一颗小行星（A）。所以P/1996 A1（杰迪克彗星）是一颗周期彗星，也是1996年上半年发现的第一颗彗星。小行星的命名规则是用年份和月份（以半月为界，1982 DB是1982年2月下半月第二颗彗星）加上国际天文学联合会编目，以及发现者选定的一个名字。一些发现过很多小行星的观测者，会以他们的亲戚、朋友、老师，甚至摇滚明星的名字命名：因此我们就有了诸如叫17059埃尔维斯（1999 GX5）、4147列侬（1983 AY）的小行星。国际天文学联合会则提出“不建议以宠物的名字命名”。

[152]David Levy，“Star Trails.”*Sky* ＆ *Telescope*，November 1989，p.532.

[153]Edwin L.Aguirre，“How the Great Comet Was Discovered.”*Sky* & *Telescope*，July 1996，p.27.

[154]Alan Hale，“The Discovery of Comet Hale-Bopp.”Web posting，http：//galileo.ivv.nasa.gov/comet/discovery.xhtml，September 1995.

[155]Milton Meltzer，*Mark Twain Himself*.New York：Wings Books，1993，p.288.

[156]Bradley E.Schaefer，“Meteors That Changed the World.”*Sky* & *Telescope*，December 1998，p.70.

彗尾：拜访戴维·列维

[157]David Levy，“Untitled Remarks，”in William Liller，*The Cambridge Guide to Astronomical Discovery*.Cambridge，U.K.：Cambridge University Press，1992，p.95.

[158]Robert Reeves，“My Field of Dreams：An Interview with David H.Levy.”*Astronomy*，April 1994，p.13.

[159]列维重新装订这本书的灵感可能来自佩尔蒂埃，后者从小就喜爱观星，他最喜欢的观测书是玛莎·埃文斯·马丁的《友好的星辰》。他在当地图书馆里反反复复查阅这本书，最终图书管理员用蓝黑色书皮将其重新装订，然后作为礼物送给了他。（Leslie Peltier，*Starlight Nights*：*The Adventures of a Star-Gazer*.Cambridge，Mass.：Sky Publishing，1965，p.42.）

[160]Leslie C.Peltier，*Starlight Nights*，p.137.

第十二章　天上的害虫

[161]Edwin Emerson，*Comet Lore*.New York：Schilling Press，1910，p.89.迪格斯并非语无伦次的唯心论者，而是一个数学家、一个实验者——他也是经纬仪的发明者——而且好像还是威廉·莎士比亚的朋友。

[162]弗拉德三世，15世纪瓦拉几亚（今罗马尼亚）大公，以用极刑惩罚战俘和反对者而著称。——编注

[163]在另一个版本中，杰斐逊把他们称作“北佬教授”。并没有什么证据支持这个故事，它首次发表于1874年，距杰斐逊逝世已过去了近半个世纪，此后这个故事被再三转述。参见John F.Fulton and Elizabeth H.Thompson，*Benjamin Silliman*：*Pathfinder in American Science*.New York：Henry Schuman，1947，pp.76—78，以及Silvio A.Bedini，*Thomas Jefferson*：*Statesman of Science*.New York：Macmillan，1990，p.388。

[164]Aristotle，*Meteorology*，Book1，5ff.在写下《老水手之歌》里的如下诗行时，塞缪尔·泰勒·柯尔律治仿佛亚里士多德附体，他可能是在对他见过的1797年狮子流星雨做出反应：“高空大气迸发出生命！上百道闪电熠熠生辉，它们来来往往，忙忙碌碌！来来往往，时隐时现，暗淡的星辰在其间舞动……”

[165]托马斯·杰斐逊致丹尼尔·萨蒙的信件，1808年2月15日，转引自Bedini，*Thomas*

Jefferson，p.386。

[166]杰斐逊致安德鲁·埃利克特的信件，1805年10月25日，转引自Bedini，*Thomas Jefferson*，p.388。

[167]查尔斯·狄更斯的小说《圣诞颂歌》中的角色。——编注

[168]李淳风（602—670），唐代天文学家、数学家、道士，著有占星学著作《乙巳占》等。——编注

[169]Roberta J.M.Olson，*Fire and Ice*：*A History of Comets in Art*.New York：Walker，1985，p.78.

[170]Donald K.Yeomans，*Comets*：*A Chronological History of Observation*，*Science*，*Myth*，*and Folklore*.New York：Wiley，1991，p.22.

[171]A.Dean Larsen，ed.，*Comets and the Rise of Modern Science*.Provo，Utah：Friends of the Brigham Young University Library，1986，p.3.

[172]当时的天文学家们——哈雷的朋友、格但斯克的酿酒师约翰·赫维留就是其中之一——建立了一种理论，即用测定彗星轨道是双曲线还是抛物线的方法来辨别周期彗星。双曲线轨道的彗星不会回归，抛物线轨道（闭合轨道）的彗星则会。哈雷彗星的双曲线轨道经过冥王星，它的轨道周期会有变化，从74年到79年不等，这主要是由于受到了木星和其他一些巨行星的引力的影响。

[173]1925年，美国田纳西州颁布法令，禁止学校讲授“人由低等动物进化而来”。美国民权联盟找到戴顿镇的教师约翰·斯科普斯，在宪法的基础上挑战该禁令的合法性。该案件内容关系到科学与宗教信仰，引起美国公众的广泛关注。——编注

[174]Yeomans，*Comets*，p.119.

[175]Voltaire，*The Elements of Sir Isaac Newton's Philosophy*，John Hanna，trans.New York：Gryphon，1995，p.340.

[176]Carl Sagan and Ann Druyan，*Comet*.New York：Ballantine，1997，p.279.

[177]Carolyn S.Shoemaker and Eugene M.Shoemaker，“A Comet Like No Other.”John R.Spencer and Jacqueline Mitton，eds.，*The Great Comet Crash*：*The Impact of Comet Shoemaker-Levy 9 on Jupiter*.Cambridge，U.K.：Cambridge University Press，1995，p.7.

[178]彗星解体以前被观测过，但一般是它们靠近太阳时经受了潮汐力的撕扯，以及受热蒸发所致。地球和月球上发现的陨石坑链，都提示它们曾被解体的彗星碎片撞击过。

[179]保罗·乔达斯，作者的采访，1996年10月24日于亚利桑那州图森。

[180]Timothy Ferris，“Is This the End？”*The New Yorker*，January 27，1997，p.49.

[181]戴维·莫里森，作者的采访，1996年10月9日于NASA埃姆斯研究中心。

[182]发布于莱恩·安博吉的网站，http：//www.net1plus.com/users/lla/Index.htm。

[183]Edwin L.Aguirre，“Sentinel of the Sky.”*Sky & Telescope*，March 1999，pp.76ff.

[184]James Woodford，“Outback Amateur Discovers Asteroid Threat to the World.”*Sydney Morning Herald*，May 21，1999.

[185]John S.Lewis，*Rain of Iron and Ice*.Reading，Mass.：Addison-Wesley，1996，p.222.

[186]我们倾向于认为，行星会吸引住天体，而不是将天体抛到太阳系边缘，但其实行星是非常有力的投石机。假设你在约公元前40亿年的时候骑在一颗柯伊伯带彗星上，从外向内接近木星，你可能不会真正撞到木星上去：尽管木星很大，但在太空中，它仍旧是个很小的目标。实际上，你会加速到一定程度，然后绕着木星转一个弯，再以更快的速度飞向太空。宇航员将其叫作“引力助推”，但更准确的叫法应该是“角动量助推”。当你抵达木星附近时，木星的速度放慢了一点——只有一点点，但它动量巨大——而你则加速很多，犹如一个溜冰者在和一个巨人玩打响鞭。你离开时相对于木星的速度和抵达时是相同的，但你的轨道速度极大地增加了，而且角动量助推发生时，任何正在运行的天体都会爬升到更高的轨道。木星可以轻松将5万亿颗彗星抛到奥尔特云处极高的轨道，而奥尔特云是如何形成的，答案仍旧未知。

第十三章　木星

[187]José Olivarez，quoted in *Sky & Telescope*，December 1999，p.120.

[188]John H.Rogers，*The Giant Planet Jupiter*.Cambridge，U.K.：Cambridge University Press，1995，p.8.

[189]木星不同纬度地区的自转不尽相同，太阳也一样。天体赤道地区自转一周需9小时50.5分钟，极区自转一周需9小时55.7分钟，射电观测显示液体深海地区自转一周需9小时55.5分钟。

[190]结合木星众神之王的寓意为木星卫星起名是个很有趣的事情，最早由约翰内斯·开普勒向西蒙·马里乌斯（1573—1624）提出。赫歇尔用这个方法为土星的卫星命名，后来它成了其他行星卫星命名的惯例。

[191]J.B.Murray，“New Observations of Surface Markings on Jupiter's Satellites.”*Icarus* 23，1975，pp.397—404.

[192]Rogers，*The Giant Planet Jupiter*，p.341.

[193]S.J.Peale，P.Cassen，and R.T.Reynolds，“Melting of Io by Tidal Dissipation.”*Science*，vol.203，no.4383，1979，pp.892—894.

[194]Stephen James O'Meara，“Hubble's Amateur Hour.”*Sky & Telescope*，August 1992，p.155.

[195]James Secosky，“SO2 Concentration and Brightening Following Eclipses of Io，”WFPC1 program 2798，*Icarus* 111，April—June 1992.

[196]“Students Receive Unique Science Lesson.”*Genesee Country Express*，December 18，1997.

[197]O'Meara，“Hubble's Amateur Hour，”p.155.

[198]很多文章（还有些见解）对科里奥利力有误解，我们有必要对此做一番挖掘。假设你从纽约市向正南方向发射了一枚弹道导弹，它飞上高空，20分钟后在600英里外落回地球。如果地球不在自转，导弹会掉入大海，不会造成伤害。但地球是自西向东自转的，真实情况是导弹会落在西面5度的地方——地球在导弹下方自转——所以它落入的是佛罗里达州而不是大海（为了避免这样的灾难，对弹道学的研究促进了科里奥利力的论证，1835年，法国数学家加斯帕尔—古斯塔夫·德·科里奥利证明了科里奥利力）。从导弹的角度来说，弹道是直的，但从地面上观察，导弹看起来是弯向西面的一条曲线，就像被神秘力量牵引。这个科里奥利“力”使得北半球的风偏向右侧，南半球的风偏向左侧，从而建立起大规模的大气单体（或者叫环流模式），在北方为顺时针旋转，在南方为逆时针旋转。有一种说法很流行，那就是赤道以北地区水槽底部的水流漩涡是顺时针，赤道以南是逆时针，然而这种说法是错的。科里奥利力太弱，无法做到这一点，除非是在严密隔绝的浴缸中做长时间的观测。肯尼亚的纳纽基是赤道上的一个城市，城里的一个骗子靠向游客“展示”两个做过手脚的水槽的效应揽财，但这种骗术很容易被看穿，因为他偶尔会弄混两个水槽，把南边的水槽弄成顺时针，把北边的水槽弄成逆时针。飓风和其他气旋都是在科里奥利风的冲击下旋转的低压区域。和人们想的不一样，它们的自转方向与科里奥利单体本身相反。你可以想象低压区域是旋转木马，科里奥利风都向右旋转，从它的四面八方擦过：它们将使单体逆时针旋转，就像一个顺时针旋转的齿轮与第二个齿轮咬合，令其反方向旋转。然而，高压区域——出于一些原因，我在这里不会深入讨论——顺着科里奥利方向旋转，生成反气旋，在北半球顺时针旋转，在南半球逆时针旋转。

[199]Gary Seronik，“Above and Beyond.”*Sky* & *Telescope*，May 2001，p.130.

[200]最亮的卫星木卫三是黄色的。第二亮的木卫一通常被描述为白色，而在我的眼睛看来——可能是受后来“旅行者号”传回的关于火山的信息的影响——它有些明显的红色。木卫二和木卫四稍暗，看起来是白色和黄色。这些卫星的亮度估值如下：木卫三为4.6等，木卫一为5等，木卫二为5.3等，木卫四为5.6等。木卫一绕木星一周需1.8天，木卫二需3.6天，木卫三则需7天。由于最内侧两颗卫星的公转周期差不多均匀地分布在7天之内，你每周都能看见这三颗卫星处于几乎相同的位置。木卫四比较远，完成一周运行需16.7天。

[201]John D.Bernard，“The Comet Shoemaker-Levy 9（SL9）Collision：A Project of the Jupiter Space Station，”jupiterspacestation.org/jup_sl9.xhtml.

[202]美国作家赫尔曼·梅尔维尔的同名小说中的主人公。——编注

土星风暴：拜访斯图尔特·威尔伯

[203]雷塔·毕比，作者的电话采访，2000年1月5日。

第十四章　外行星

[204]Fred W.Price，*The Planet Observer's Handbook*.Cambridge，U.K.：Cambridge University Press，1994，p.264.

[205]西班牙及其原美洲殖民地的旧金币名。——编注

[206]天体在轨道中的运行速度由其所在位置的引力强度决定。太阳的引力强度随距离的平方而递减，因此外行星的运行速度比内行星慢很多。地球运行速度较快，接近每秒30千米；而土星离太阳比地球远10倍，运行速度则不到每秒10千米；海王星与太阳的距离是地球的30倍，以每秒5.4千米的速度在轨道上爬行。（距离与速度的关系可由开普勒第三定律表达，即$R^3= P^2$，R指的是行星轨道半径，P指的是周期长度。）

[207]环的厚度可能有个更低的极限，上限估值大约是10千米。

[208]大部分历史学家将C环的发现归功于1850年的威廉·邦德、乔治·邦德和威廉·道斯。不过，我们无所不能的威廉·赫歇尔在其1793年11月11日夜间的观测记录中描述过一条“5倍的带”，意味着他可能也观测到了C环。

[209]Albert van Helden，“Saturn Through the Telescope：A Brief Historical Survey，”in Tom Gehrels and Mildred Shapley Matthews，eds.，*Saturn*.Tucson：University of Arizona Press，1988，p.32.

[210]1849年，爱德华·洛希论证了洛希极限。对于一颗给定的行星而言，洛希极限是不同的，这取决于所讨论的卫星的结构。一颗质量微乎其微的、密度与母行星一致的液态小卫星，其洛希极限是行星半径的2.44倍，但把它换成拉伸强度更大的固体卫星，洛希极限就会降低。一颗靠近地球的雪球卫星会很快突破洛希极限，但科幻电影对地球城市上方盘旋的巨大外星飞船的刻画，未必违背了洛希极限，前提是它们的构造比较结实。

[211]巨行星会捕捉许多很小的小行星，当中有很多无疑是还未被发现的——而且它们以前的卫星可能已经因撞击而解体成碎片，在轨道上运行——因此也不太可能宣布每颗行星到底有多少经过确认的卫星。当我在一个周一写下这段话的初稿时，土星有24颗已知卫星。到了周末，天文学家宣布他们用夏威夷的3.6米加拿大—法国—夏威夷望远镜又发现了4颗卫星，总数变成了28颗。数周过后，又有2颗卫星被夏威夷和亚利桑那州的惠普尔天文台发现；所以土星有了30颗已知的卫星。在那之后的数月内，又有12颗卫星被发现，大部分天文学家已不再试图去估算有多少颗了。同样地，我写这段话的草稿时，木星有17颗已知卫星，次月中旬上涨到了28颗，再过几个月又变成了39颗。再加一句，截至现在，天王星一共有21颗卫星，海王星有8颗卫星。

[212]天文爱好者唐纳德·帕克及其合作伙伴估算出，土卫六可用任意小型望远镜甚至双筒望远镜观测到，土卫五和土卫八在土星西大距的时候可用3英寸反射镜观测到。土卫四、土卫三和土卫二则需要4英寸望远镜，而土卫七和土卫一至少需要8英寸孔径。Thomas A.Dobbins，Donald C.Parker，and Charles F.Capen，*Introduction to Observing and Photographing the Solar System*.Richmond，Va.：Willmann-Bell，1992，p.109.

[213]较小的土星卫星包括比较远的、在逆行轨道上的土卫九，运行在土卫五和土卫四之间的土卫十二，位于土卫四、土卫三之间的土卫十四和土卫十三，还有内侧的土卫十、土卫十一、土卫十七、土卫十六、土卫十五和土卫十八。E环和C环在土卫一的两侧，F环在土卫十七和土卫十六中间，A环（卡西尼环缝也是）在土卫十八的轨道内。

[214]A.F.O'D.Alexander，*The Planet Saturn*. New York：Dover，1962，p.92.

[215]出处同上，p.238。

[216]“旅行者1号”飞掠土卫六时，我们研究了它衰退的射电讯号，获得了关于土卫六大气透明度的更多数据；1989年7月3日，土卫六掩恒星人马座28，当恒星消失在土卫六表面的云层后面时，业余爱好者和专业天文学家测量了恒星亮度削减的曲线。他们

观测到“中心闪光”，是由于恒星在土卫六身后，受大气的透镜效应的影响，星光在恒星周围产生折射，这就动摇了主流的土卫六的朦胧大气模型。业余观测者中，英国南约克郡的凯文·迪克斯还在观测中另有收获，他注意到“我们对土卫六的位置更加了解，这意味着即将到来的卡西尼土星和土卫六任务可以被更加精确地定位”。

[217]Christopher Wills and Jeffrey Bada，*The Spark of Life*：*Darwin and the Primeval Soup*.New York：Perseus，2000.In Tim Flannery，“In the Primordial Soup，”*New York Review of Books*，November 2，2000，p.56.

[218]Cassini，in Alexander，*The Planet Saturn*，p.113.

[219]David Morrison，Torrence Johnson，Eugene Shoemaker，Laurence Soderblom，Peter Thomas，Joseph Veverka，and Bradford Smith，“Satellites of Saturn：Geological Perspective，”in Gehrels and Matthews，eds.，*Saturn*，p.616.

[220]“有关天空的构建的知识，永远是我观测的终极目标。”赫歇尔写道。（Michael Hoskin，“William Herschel and the Making of Modern Astronomy.”*Scientific American*，February 1986，p.106.）他对目标太过执着，还找到了好多目标外的东西。他勤勉的观测已成为传奇，为很多人所目睹，他自己这样描述：“我现在将自己完全投入天文观测中，不愿错过星夜的任何一小时。有多少个夜晚，我都做十一二小时的观测，仔细地逐个检查400个以上的天体……有时候我会对一个特别的天体观察半小时之久，用尽我望远镜的所有倍率。”（Michael Hoskin，*William Herschel*：*Pioneer of Sidereal Astronomy*.London：Sheed Ward，1959，p.15.）

[221]E.C.Krupp，“Managing Expectations.”*Sky* ＆ *Telescope*，August 2000，p.84.

[222]出处同上，p.85。

[223]天王星接近海王星时沿着自己的内侧轨道快速前进，海王星的重力牵引将其加速了。接着，在它们经过对冲点后——就是太阳、天王星、海王星成一条直线——海王星会拖慢天王星的速度。这一效应在海王星即将被发现的时期非常显著，因为1822年发生了对冲。

[224]Patrick Moore，*The Discovery of Neptune*.New York：Wiley，1996，p.17.

[225]出处同上，p.20。

[226]出处同上，p.22。

[227]John Herschel，letter on“Le Verrier's Planet，”in Ellis D.Miner，*Uranus*：*The Planet*，*Rings*，*and Satellites*.New York：Ellis Horwood，1990，p.25.

[228]Moore，*The Discovery of Neptune*，p.23.

[229]出处同上，p.24。

[230]转引自帕特里克·摩尔的《海王星图集》，第22页。他发现“海王星本应比更近、更亮的天王星早将近170年被发现，这是很有意思的事情”。伽利略对海王星的观测由S.德雷克和C.T.科瓦尔在他的日志里发现（*Scientific American*，243，1980，p.74；*Nature*，287，1980，p.311），E.迈尔斯·斯坦迪什和安娜·M.诺比利对此做了跟进研究（*Baltic Astronomy*，vol.6，1997，pp.97—104）。后面两人注意到伽利略画的一张关于海王星位置的图中呈现出不规则性，但他对木星卫星——他真正在注意的目标——

位置的标注“比例精确……比他用以标注卫星位置的小点宽度更窄！”

[231]用赫歇尔的话来说，“如果我们希望对这繁复的大自然的研究能够更进一步，就应当避免两个极端，我很难说这两个极端中的哪一个更危险。如果我们醉心于构建自己的斑斓想象，构建自己的世界，就不应该对我们偏离了真理和自然的道路而感到惊讶；然而一旦有人提出更好的理论，它们就会像笛卡尔的旋涡说一样烟消云散。反过来说，如果我们除了观测还是观测，不去尝试总结规律并做出演绎，我们就违背了其他观测理应得出的终极结果”。*Philosophical Transactions of the Royal Society*，ci（1785），pp.213—214.

[232]J.L.E.Dreyer，ed.，*The Scientific Papers of Sir William Herschel*.London：Royal Society and Royal Astronomical Society，1912，1，pp.312—314.

[233]到底是谁最先发现天卫三轨道内侧的两颗卫星——天卫二和天卫一，一直没有公论。英国业余爱好者威廉·拉塞尔常被作为发现者提起，但也有合情合理的质疑认为俄罗斯天文学家奥托·斯特鲁维是发现者。甚至连威廉·赫歇尔也曾被很多学者认为是第一个发现天卫二的人，他曾标记出天王星的“卫星”，但那些其实只是背景恒星。天卫五是天王星最内侧一颗庄严的卫星，1948年，杰拉德·柯伊伯在得克萨斯州的麦克唐纳天文台用一台82英寸反射望远镜拍摄到了它，它才被发现。海王星有两颗很明亮的卫星靠在外侧：拉塞尔于1846年发现了其中较大的海卫一，柯伊伯于1949年发现了其中较小的海卫二。

[234]它那极端的方向造成了奇异的后果：尽管天王星每18小时自转一次，它的每个半球都会经历长达40年的白昼，然后再经历长达40年的黑夜。

[235]金星也是倾斜的，倾角为178度。和天王星一样，金星也是逆行旋转——我们由此得知它被撞歪了90度以上——但天王星每18小时自转一周，而金星上的一天是243个地球日，这表明撞击金星的这颗天体的运行方向和金星自转方向相反，将其速度降到几乎静止的程度。月球也是一次大撞击的产物，这些强有力的证据显示，在太阳系早期，尚未成形的行星体彼此相撞得非常频繁。

[236]2006年，国际天文学联合会把冥王星从太阳系行星降级为矮行星。——编注

[237]Clyde W.Tombaugh and Patrick Moore，*Out of the Darkness*：*The Planet Pluto*.New York：Signet，1980，pp.116—117.

[238]Alan Stern and Jacqueline Mitton，*Pluto and Charon*：*Ice Worlds on the Ragged Edge of the Solar System*.New York：Wiley，1998，p.19.

[239]David Levy，*Clyde Tombaugh*：*Discoverer of Planet Pluto*.Tucson：University of Arizona Press，1991，pp.69—70.

[240]曾有一位法国天文学家于1919年提议给行星X起名为“冥王星”，但行星被发现的时候没人记得这件事——伯尼小姐显然也不会记得，那一年她才刚出生。

[241]在得知冥王星不符合要求之后，汤博又花费13年的时间寻找行星X，在这个过程中他检查了9000万张图片，其中包含3000万颗恒星。如果柯伊伯带确实存在的话，这项工作有力地缩小了柯伊伯带天体的位置和体积的范围。当“旅行者号”飞掠天王星和海王星，获得了关于它们质量的更精确数据，这桩公案就结束了：人们用新获得的数据重新计算了二者的轨道，曾一度被认为是行星X导致的摄动不见了。

[242]“缺席令人困惑甚至悲伤”：Kenneth Chang，“Pluto's Not a Planet？Only in New

York."*The New York Times*，January 22，2001。“从行星中移除”：Ira Flatow，*Talk of the Nation/Science Friday*，NPR，February 11，2000。“海登天文馆把冥王星剔出了行星序列”：Charles Osgood，CBS News *Sunday Morning*，February 18，2001。“冥王星没能晋级”：“Museum Explains Why Pluto Is Out of Its Orbit，”*The Santa Fe New Mexican*，March 3，2001。“这样你才能了解到”：NBC News *Saturday Today*，January 27，2001。“不要数行星，数家族吧”“我们与冥王星站在一起”：Chang，“Pluto's Not a Planet？”“In a different universe”：“Is Pluto Really a Planet？”*The News of the World*，January 28，2001。

[243]Clyde Tombaugh，interviewed by David Levy，March 23，1987，in Levy，*Clyde Tombaugh*，p.182.

第十五章　夜空

[244]David J.Eicher，“Warning：Globular Clusters Can Change Your Life.”*Astronomy*，April 1988，p.82.

[245]Robert Henri，*The Art Spirit*. Boulder，Colo.：Westview Press，1984，p.79.

[246]本书主要讲北半球星座——而且是概述——和最适宜观测的春季星空。

[247]天枢是个例外，这颗星在勺底，最靠近北极星，而摇光在勺柄最远端。

[248]大部分亮星的名字都是古代阿拉伯天文学家起的，不过有些星星（比如天狼星）的名字来自希腊人，还有一些（比如轩辕十四）来自罗马人。按照约翰·拜耳在1603年出版的《测天图》中采用的体例，星座中的亮星以希腊字母表命名排序。因此大犬座的最亮星——天狼星，就是大犬座α。还有几个别的命名系统被人们使用，它们以不同的星表为基础。例如天狼星在不同的命名系统中可以叫作SAO 151881、GCS 5949:2767、HIP 32349、HD 48915、B—161591，以及弗拉姆斯蒂德—拜耳大犬座9—α。88个星座都有希腊和拉丁名。国际天文学联合会是负责为恒星命名的权威机构，联合会告诫消费者，一些商业机构向他们收取费用，以他们自己或者他们朋友的名字为恒星“命名”，是无效的。“这和真爱以及生命中其他许多美好的事情一样，”国际天文学联合会使用对科学组织而言罕见的动情散文，这样声明道，“夜空之美是无价的，但人人都可以享受它。”

[249]Robert Burnham Jr.，*Burnham's Celestial Handbook*.New York：Dover，1978，p.1940.

[250]这些归类是由特殊的光谱线定义的，例如，O型星在光谱中会展现电离氦的谱线，B型星有中性氢的谱线，M型星则有氧化钛的谱线。这个分类可以再用数字精确细分：一颗F5型星是介于F和G之间的。在20世纪20年代和30年代，人们又加了一个二级参数，按照恒星的光度给它们做了从I（热超巨星）到V（冷的矮星）的划分。太阳的光谱类型是G2V，意思是这是一颗G型矮星。不过在天体物理学术语中，大部分中等大小的主序星都叫矮星；这个术语并不意味着它们都非常小。

[251]Burnham，*Burnham's Celestial Handbook*，p.1285.

[252]将普林斯顿物理学家理查德·高特在其他背景下的调查延伸开来，我们会发现自己身处一个比较典型的大型星系之中，这毫不令人意外，因为概率摆在这里。典型的星系，顾名思义，就是最常见的类型。由于大型星系所包含的恒星比小星系多，一位观

测者通常会发现自己是在一个较大的星系里，就如同大城市出生的人比小城市多。相对来说，观测者不太会发现自己在一个特别大的星系里，因为它们比较少；观测者也不太会在矮星系里，因为它们的恒星较少。

[253]银河系和其他星系都有很多所谓的暗物质，它们的存在可以从星系的引力动力学中推断出来，但并不能被观测到。暗物质的结构目前尚不得知，但可能涉及奇异的亚原子粒子。本章中我们讨论的暗云并不是这种神秘的“暗物质”，而是由气体和尘埃构成，我们对它的结构有一定的了解。

[254]William Sheehan，*The Immortal Fire Within*：*The Life and Work of Edward Emerson Barnard*.New York：Cambridge University Press，1995，p.3.

[255]Gerrit L.Verschuur，“Barnard's‘Dark’Dilemma.”*Astronomy*，February 1989，p.32.

[256]Sheehan，*Immortal Fire Within*，pp.9—10.

[257]出处同上，p.12。

[258]Verschuur，“Barnard's‘Dark’Dilemma，”p.33，and Sheehan，*Immortal Fire Within*，p.13.

[259]Burnham，*Burnham's Celestial Handbook*，p.1635.

第十六章　银河

[260]公平地说，银河附近亮星的数量也并非那么惊人，在全天173颗亮度超过3等的恒星中，这些亮星只占了15%到20%，具体比例取决于我们如何给它们归类。但从理论上讲，这可以从数据中推断出来。（数据来自D.Hoffleit and W.H.Warren Jr.，*The Bright Star Catalogue*，5th revised edition，Astronomical Data Center，NSSDC/ADC，1991。完全按亮度为恒星归类，可能不够精确，因为还有变星等天体，但从统计的角度来说对结果不会有太大影响。）

[261]Auguste Comte，*Cours de Philosophie Positive*，1835.

[262]在我的*Coming of Age in the Milky Way*（New York：Morrow，1988）的第九章中可以看到对这项工作的完整阐述。

[263]Stephen James O'Meara，“The Outer Limits.”*Sky* ＆ *Telescope*，August 1998，p.87.

[264]Walter Scott Houston，*Deep-Sky Wonders*.Selections and commentary by Stephen James O'Meara.Cambridge，Mass.：Sky Publishing，1999，p.2.

[265]猎户星云的典型密度大约是每立方厘米1000颗原子，比星际空间的密度大多了，但依旧非常稀薄。星云中尘埃粒子的大小有如香烟烟雾的粒子，质量却仅有后者的1%，大致以150米的间距分布。

[266]Houston，*Deep Sky Wonders*，p.4.

[267]博克在1918年荷兰的一次童子军野营活动中被夜空深深吸引，并如他所说“爱上

银河”，然后在哈洛·沙普利的影响下转向职业天文研究，后者对球状星团距离的测量揭示了太阳系在银河系中的位置。博克是个非常正派的君子，他毕生忠实于沙普利，为后者工作。1983年，就在博克去世前一个月，我对沙普利的银河系模型的一些部分提出了批评性的意见，因而受到了博克的诘问，他从观众席中站起，为他的良师益友做辩护，如今离他去世已过去了10年。不止我一个人发现，与睿智温和的博克争论，远比附和其他一些科学家来得愉快。

[268]在梅西叶的时代，M42和M43都比较知名，在天空中远比任何彗星显眼，学者们曾经纳闷梅西叶为何把这些天体囊括在他旨在帮助彗星搜索者排除干扰的天体表里。除此以外，他还把M44、蜂巢星团、M45、昴星团列了进去，这些天体都不太会被误认为彗星，只有最糟糕的观测者才会搞错。有人推断，他之所以列出这些天体，是为了在他的1774年星表中将天体的数量增加到45个，因此可以超过他的竞争对手尼古拉·路易·德·拉卡伊的1755年南天星云星表。

[269]“蓝离散星”让简单的事情变得很复杂。这些蓝色恒星显然很年轻，但人们在球状星团里发现了成千颗这样的恒星，而球状星团里本应该都是老年恒星。试图解释球状星团内年轻恒星成因的理论有十多种，涵盖了从近距离双星的交互作用到星团中央附近的恒星撞击的种种设想，这些都导致星际物质混合，产生类似新星的东西。

[270]Leos Ondra，“Andromeda's Brightest Globular Cluster.”*Sky & Telescope*，November 1995，p.69.

蓝调乐谱：拜访约翰·亨利之魂

[271]约翰·亨利是一名奴隶，在美国重建时期参与修建铁路。哈迪·莱德贝特告诉人种音乐学家艾伦·洛马克斯，约翰·亨利来自弗吉尼亚州的纽波特纽斯，他从那里修建铁路，一直修到辛辛那提。

[272]Mississippi John Hurt，“Spike Driver Blues，”1928.赫特的机师不愿冒死亡的风险，选择辞职或逃离。他小心地避免和老板产生冲突（“带上这把铁锤，把它交给队长吧，告诉他我走了”），他援引约翰·亨利的事例，以表达他想用自己的人生做些别的事：约翰·亨利丢下铁锤，锤子上面鲜血淋淋。这就是我离开的原因。约翰·亨利机师年纪轻轻，却丢掉了他的性命。

[273]作者对保罗·戴维斯和史蒂文·韦恩伯格的采访，2000年5月30日于加利福尼亚州旧金山。

[274]Ludwig Wittgenstein，*Tractatus Logico-Philosophicus*.C.K.Ogden，trans.London：Routledge，1988，1.1.

第十七章　星系

[275]仙女星系的整个星系盘直径约为16500到20000光年，但我这里说的是在望远镜中明显可见的中间部分。

[276]Ronald Buta，“Galaxies：Classification，”in Paul Murdin，ed.，*Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics*.London：Nature Publishing Group，2001，vol.1，p.861.

[277]截至2019年底有59个。——编注

[278]以星座为其附近的星系命名不是个好习惯，容易导致混淆。例如六分仪矮椭圆星系，就很容易与六分仪A——一个更大更远的不规则星系混淆；人们说的“玉夫”，常常又可以指NGC 253——一个远在1000万光年之外的大型旋涡星系。

[279]E.J.Schreier，“NGC 5128/Centaurus A：150 Years of Wonder.”*Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics*，p.1831.

[280]有证据显示M84其实是一个S0星系，就是说它是个没有旋臂的旋涡星系，但基于它的外形，我依旧遵循传统，将其归入椭圆星系。

[281]Alan Goldstein，“Explore the Virgo Cluster.”*Astronomy*，March 1991，p.73.

[282]它们分别是烟尘一样的、被潮汐力打散的旋涡星系NGC 4438，旋涡星系NGC 4435、NGC 4479和NGC 4477，S0星系NGC 4461，以及椭圆星系NGC 4458和NGC 4473。

[283]Alan M.MacRobert，“Mastering the Virgo Cluster.”*Sky* & *Telescope*，May 1994，p.42.科普兰在《天空与望远镜》发表多篇关于深空的文章，于1949年提出“镜头和镜面并非越大越好。投入与耐心都和对光的把握一样重要”。

第十八章　黑暗世纪

[284]Harold G.Corwin Jr.，“The NGC/IC Project：An Historical Perspective.”NGC/IC Project Web site，updated October 12，1999.

[285]Ken Hewitt-White，“Two Galaxy Clusters in Hercules：Observing Abell 2197 and 2199 from the Cascade Mountains.”*Sky* & *Telescope*，June 2000，p.115.

[286]Steve Gottlieb，“On the Edge：The Corona Borealis Galaxy Cluster.”*Sky* & *Telescope*，May 2000，p.130.

[287]Robert Roy Britt，“‘Brane-Storm’ Challenges Part of Big Bang Theory.”Space.com Web site，April 13，2001.

[288]Robert Burnham Jr.，*Burnham's Celestial Handbook*.New York：Dover，1978，vol.1，p.505.

[289]Kepler，“On the New Star”（*De stella nova*）.Prague：KGW，1606，chapter 22，p.257，line 23.

[290]Reverend Robert Evans，“Visual Supernova Searching with the 40-inch Telescope at Siding Spring Observatory.”*Electronic Publications of the Astronomical Society of Australia*，vol.14，no.2，February 1997.

[291]出处同上。

[292]蒂姆·帕克特，作者的采访，2001年3月16日。

[293]出处同上。

[294]毫无疑问，1680年以来我们自己星系内部从未有超新星被发现，主要原因就是它们被遮蔽了。银河系这种尺度的旋涡星系每个世纪会产生两三颗超新星，但几乎所有的超新星都是在星系盘里面或附近的，因为那里的恒星最多。过去的两个世纪里应该有若干次超新星爆发，但都潜藏在云后。

[295]卡尔·彭尼帕克，作者的采访，1994年5月5日于加利福尼亚州伯克利。

[296]1993年3月28日（星期日），弗朗西斯科·加西亚·迪亚斯发现超新星，紧随其后的一系列事件都证明了作为业余天文社团成员的优势和求助于职业天文工作者带来的裨益。加西亚·迪亚斯找了马德里天文协会的成员何塞·卡瓦哈尔·马丁内斯，他用一个名为“小行星撞击”的电脑程序验证了它并不是一颗小行星。弗朗西斯科重新回到星系观测，卡瓦哈尔·马丁内斯又召集另一个成员——迭戈·罗德里格斯，后者拍摄了星系的CCD图像，确认超新星确实存在。罗德里格斯用了两张数字星图检查出这个位置上原先并没有恒星，然后联系了一位叫恩里克·佩雷斯的专业天文工作者，当晚后者就用加那利群岛上的2.5米牛顿望远镜做了观测。佩雷斯很快就获得了超新星的光谱，这是决定恒星类型的重要一步。黎明时分，西班牙业余爱好者已经联系了美国变星观测者协会的珍妮特·马泰，珍妮特那里还是黑夜，而澳大利亚的业余观测者罗伯特·埃文斯那里的太阳很快就要落下。数小时之内，业余爱好者和专业天文工作者横贯地球暗面，将他们的望远镜瞄准那颗超新星，获取宝贵的数据。

[297]在柯南·道尔的短篇小说《银色马》中，福尔摩斯通过“马厩中的狗没有吠叫”这个线索，推断出入侵者的身份。——编注

[298]A.Dressler，“The Evolution of Galaxies in Clusters.”*Annual Review of Astronomy and Astrophysics*，1984，22:212.

[299]Barbara Wilson，in“Who's Afraid of Einstein's Cross，”Web site posting under“Adventures in Deep Space：Challenging Observing Projects for Amateur Astronomers.”

[300]John Archibald Wheeler，*At Home in the Universe*.Woodbury，N.Y.：American Institute of Physics，1994，p.128.对这个故事来源的拓展讨论，请参见惠勒的尾注。

天文台日志：黎明的密涅瓦

[301]Hegel，*Philosophy of Right*，Preface.

[302]Northrop Frye，*Fearful Symmetry*：*A Study of William Blake*.Princeton：Princeton University Press，1969，p.123.

[303]Blake，*Jerusalem*：*The Emanation of the Giant Albion*.London：W.Blake，St.Molton St.，1804，p.152.

[304]英国旧时金币。——译注

[305]Ray Monk，*Ludwig Wittgenstein*：*The Duty of Genius*.New York：Macmillan，1990，pp.140—141.

[306]出处同上，p.572。

[307]出处同上，p.143。

[308]译文引自［古罗马］卢克莱修：《物性论》，蒲隆译，译林出版社2012年版。——译注

[309]类木行星上椭圆形的暗斑。——译注

赏云协会官方出版物

The Cloud Collector's Handbook

云彩收集者手册

[英国] 加文·普雷特-平尼 著

王燕平 张 超 译

版权信息

The Cloud Collector’s Handbook by Gavin Pretor-Pinney
Copyright © Gavin Pretor-Pinney 2009
Published by agreement with Hodder & Stoughton Limited, through
The Grayhawk Agency Ltd.
Simplified Chinese edition copyright © 2018 by Yilin Press, Ltd.
All rights reserved.
著作权合同登记号　图字：10-2017-232号

书　　名　云彩收集者手册

作　　者　【英】加文·普雷特——平尼

译　　者　王燕平　张超

责任编辑　杨雅婷

出版发行　译林出版社

ISBN　　9787544771344

关注我们的微博：@译林出版社

关注我们的微信：yilinpress

意见反馈：@你好小巴鱼

目录

CONTENTS

序言
如何收集云彩
云的分类
十种主要云彩类型：
- 积云
- 层积云
- 层云
- 高积云
- 高层云
- 卷云
- 卷积云
- 卷层云
- 雨层云
- 积雨云

云种和变种：
- 荚状云
- 毛状云
- 堡状云
- 波状云
- 网状云
- 辐辏状云
- 复云

附属云和附属特征：
- 幞状云
- 缟状云
- 破片云
- 悬球状云
- 幡状云
- 弧状云
- 管状云
- 砧状云

其他的云：
- 山帽云和旗云

开尔文—亥姆霍兹波
航迹云
火积云
滚轴云
雨幡洞云
马蹄涡
雾和霭
钻石尘
贝母云
夜光云
云的光学现象：
虹彩云
华
曙暮光条
宝光
彩虹
云虹
22度晕
幻日
环天顶弧
日柱
专有名词
作者简介
译者简介
注释

序言

也许是出于职业习惯，我们天文工作者都热衷于看天。在晴朗的天气，抬头看天是一件非常有趣的事情，晚上可以看星，白天可以看云。过去这些年，我拍到过一些好看或特别的云彩和光学现象，有时候也会跟朋友们在微博上讨论相关的话题，有些云彩或光学现象至今在我脑海中保留着清晰的印记。在这个过程中我发现，收集各种各样的云是很有意思的事情。

国外很早就有人在做云彩收集，其中比较有代表性的，是英国一个叫“赏云协会”的组织，据说全球各地加入该组织的人数多达四万。现在大家手中的这本《云彩收集者手册》就是赏云协会的官方出版物，作者是该协会的会长加文·普雷特——平尼。他是英国知名记者，毕业于牛津大学，因为喜欢看云，也喜欢钻研云彩相关的知识，进而成立了赏云协会。

赏云协会的参与者经过多年努力，在2017年达成了一项重大成就：2017年3月23日世界气象日，世界气象组织正式承认了赏云协会提出的一种新的云彩类型——糙面云，并在最新一版《国际云图》中在线发表，2017年的世界气象日年度主题也被定为“观云识天”。可以说这是官方机构对这些云彩爱好者们特别的嘉奖。

说到中国，其实我们国内也有很多云彩爱好者，他们共同分享各种奇特的云彩照片，还致力于弄清它们的形成机制。几年前，遇到不太明白的云，我也曾试着去找一些书，然后我发现，介绍云彩的图书，主要是看云识天气或者是云彩民谚之类的，系统介绍云彩分类的中文科普图鉴大多是台湾朋友翻译过来的。直到2014年，我看到张超、王燕平和王辰写的《云与大气现象》，以图文并茂的形式详细介绍了云彩分类体系。

张超、王燕平夫妇是我的同行，他们是天文科普工作者，也是大家手中这本《云彩收集者手册》的译者，我曾向他们请教过很多与云彩相关的问题。感谢译林出版社独具慧眼，为国内广大云彩爱好者引进了这本书。我相信，各个年龄段的读者都能够通过这本小书快速了解云彩的基本常识，更好地领略和享受天空带

给我们的美好。

朱进
北京天文馆馆长

如何收集云彩

“收集云彩”听起来仿佛是件荒谬的事情。像云彩这样瞬息万变、飘来飘去的东西，我们怎么能收集呢？毫无疑问，它们几乎就跟任何其他物品一样难以收集。

云朵遵循着大气层变幻莫测的法则，形成于稳定的气流中，而云的形态却总是在发生着变化。在某一刻，它们进入到波动气流中并扩散开来；下一刻，它们又被撕扯成碎片。在某一刻，它们高高耸立，筑成有着阴森云底的黑色云塔；下一刻，乌云消散，化作精致的半透明排骨云。再后来，它们就离开了——要么是以降雨的形式将水分倾泻出去，要么经过蒸发又重新回到蓝天之中。云就像是天空的表情，但并不是一件可有可无的摆设。你可以考虑去收集一切能收集的东西，收集云彩听上去似乎是其中最没意思的选项。

但是，你错了。收集东西并不等于要拥有它。你甚至也不用去想如何抓住它。你要做的，只是去看，去记录。

这才是本书的意义所在。它将把你领入收集云彩的大门，帮助你识别所有独具特色的云彩种类，以及云对太阳光散射、折射或衍射而形成的一些奇特的光学现象。当你观察到一种特殊的云，便可以将其详细记录在相关页面上，这种云就被你“收集”到了。理想的做法是随身携带一台相机，这样你就可以用照片作为你收集到某种云的证据了。

美国内华达州和加利福尼亚州交界处上空，布赖恩·海托华（会员编号7929）摄

一整日的美丽云彩最终渲染上淡红色，形成荚状高积云。

每增加一种藏品，你就可以获得集云的分值，分数的多少由这种云或现象的稀有程度决定。常见的层积云只会给你加10分，马蹄涡那种一闪而过的镰刀形云彩却能给你加50分。最高分55分属于非常罕见且生动的开尔文——亥姆霍兹波——云彩收集领域的珍宝。

你应该认真地把分数记录到“目录与记分卡”上，随着分数增加，你可以带着贪婪的笑声把那些分数数上一遍又一遍。这些分数将会作为判断你的收藏品价值的必要条件，也会加剧你与其他观云者之间的激烈竞争。

这本手册旨在作为你的照片记录的一个补充。当然，你也可以不拍照，不过很少有观云者会抗拒拍照。本书所有图片都来自赏云协会的成员，在协会官网上也可以看到这些照片的大图，同时还附上了云彩拍照小贴士。瞬时气象的这些照片记录可以说是你所收集到的云彩的物理表现，就像那些收藏在家里、偶尔被抚摸一下的东西一样。

云彩的命名体系类似于植物和动物的命名体系，通常用拉丁语把它们划分成不同的属、种和变种。本书只收录了比较有特色、容易辨别的云彩类型。至于官方认可的完整分类。我们描述云彩的过程中用到的专有名词用黑体字标示。不过，每一大片云彩当中通常都包含一系列不同种类的云彩，所以不要指望这些图片中的云彩总是具有规则、清晰的形态。

收集云彩不像收集硬币那样有可持续性，也不像收集稀有邮票那样可以进行交换，但有一些非常切实的意义。云彩体现了我们周围这个世界的变幻无常。就像拉尔夫……沃尔多……爱默生写的那样，“自然是一朵多变的云，始终一样，却又从不一样”。

加文·普雷特—平尼
赏云协会
www.cloudappreciationsociety.org/collecting

你的收藏品价值几何？

当你收集的云彩不断增多，你可以根据记分卡上的分值算出总分，然后用铅笔更新本页的分数。

A项总分 ______ 最大值：350

\+

B项总分 ______ 最大值：350

\+

C项总分 ______ 最大值：350

\+

D项总分 ______ 最大值：525

\+

E项总分 ______ 最大值：425

收集云彩所得总分：

云的分类

云的正式分类是参照林奈所创立的分类法（就像动植物分类中用到的，用拉丁文进行命名），根据云的高度和外观对它们进行划分。这个系统并不全面，大多数云被归到十个主要的属里。它们还可以进一步被划分为可能的种或者变种。附属云和附属特征经常出现于特定的属附近。属一般用大写字母拼写。括号中的数字指的是相应页面。

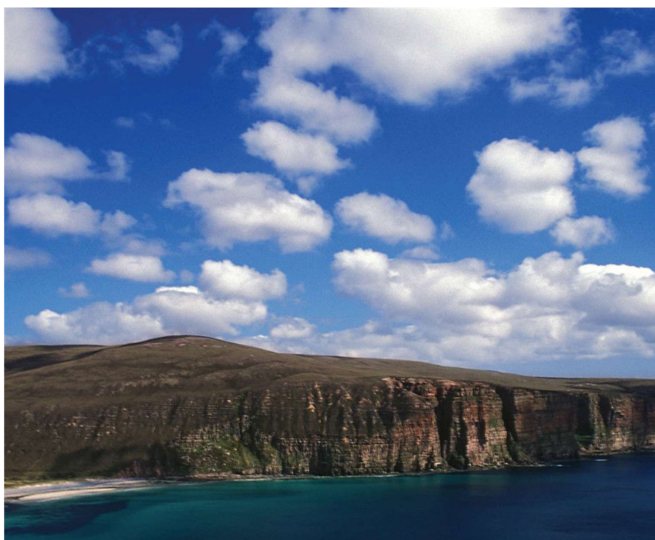
云族	属	种（只能是一种）	变　种（可以是不止一种）	附属云和附属特征
				幞状积云（43）
		淡积云		缟状积云（45）
		中积云		幡状积云（51）
	积云（9）	浓积云	辐辏状积云（39）	降水线迹积云
		碎积云		弧状积云（53）
				破片状积云（47）
				管状积云（55）
低云族			透光层积云	
			漏光层积云	
		成层状层积云	蔽光层积云	悬球状层积云（49）
	层积云（11）	荚状层积云（29）	复层积云（41）	幡状层积云（51）
		堡状层积云（33）	波状层积云（35）	降水线迹层积云
			辐辏状层积云（39）	
			网状层积云（37）	
		薄幕层云	蔽光层云	
	层云（13）	碎层云	透光层云	降水线迹层云
			波状层云（35）	
			透光高积云	
		成层状高积云	漏光高积云	
		荚状高积云（29）	蔽光高积云	幡状高积云
中云族	高积云（15）	堡状高积云（33）	复高积云（41）	悬球状高积云（49）
		絮状高积云	波状高积云（35）	
			辐辏状高积云（39）	
			网状高积云（37）	

云族	属	种 （只能是一种）	变 种 （可以是不止一种）	附属云和 附属特征
中云族	高层云（17）	（无）	透光高层云	幡状高层云（51）
			蔽光高层云	降水线迹高层云
			复高层云（41）	破片状高层云（47）
			波状高层云（35）	悬球状高层云（49）
			辐辏状高层云（39）	
高云族	卷云（19）	毛卷云（31）	乱卷云	悬球状卷云（49）
		钩卷云	辐辏状卷云（39）	
		密卷云	脊状卷云	
		堡状卷云（33）	复卷云（41）	
		絮状卷云		
	卷积云（21）	成层状卷积云	波状卷积云（35）	幡状卷积云（51）
		荚状卷积云（29）	网状卷积云（37）	悬球状卷积云（49）
		堡状卷积云（33）		
		絮状卷积云		
	卷层云（23）	毛卷层云（31）	复卷层云（41）	（无）
		薄幕卷层云	波状卷层云（35）	
多个云族	雨层云（25）（延伸到不止一个高度上）	（无）	（无）	降水线迹雨层云
				幡状雨层云（51）
				破片状雨层云（47）
	积雨云（27）（延伸到三个高度上）	秃积雨云	（无）	降水线迹积雨云
		鬃积雨云		幡状积雨云（51）
				破片状积雨云（47）
				砧状积雨云（57）
				悬球状积雨云（49）
				幞状积雨云（43）
				缟状积雨云（45）
				弧状积雨云（53）
				管状积雨云（55）

十种主要云彩类型：

积云 CUMULUS

低云族
（云底高度低于2000米）



英国苏格兰霍伊岛上空，尤妮斯·克拉克（会员编号14190）摄

积云是好天气的象征，常常出现在阳光灿烂的日子。

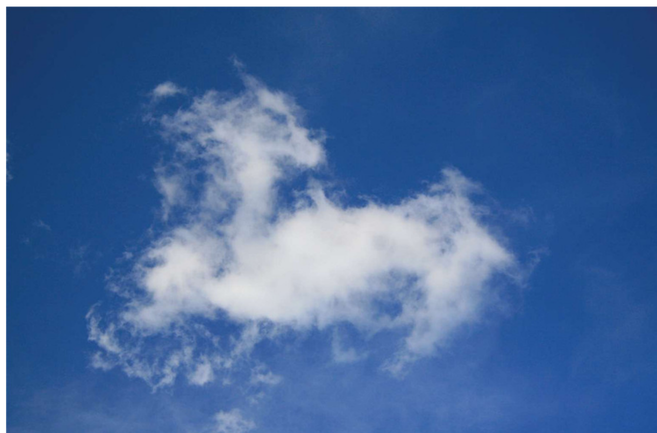
□ 观测到积云	分数：15 + 15 加到记分卡
日期：……………… 时间：………………	
地点：………………	
天气条件：………………	
□ 照片文件：………………	
集云分数： 任意积云……………… 15 分 □ 集齐四个种类可获得加分：淡积云、中积云、浓积云、碎积云……………… 15 分 □	**典型高度：** 300—1500 米。 **降水：** 除了浓积云会带来短暂降水外，其他积云不会带来降水。 **易混淆：** 层积云，高积云，积雨云。

如果你没有看到过积云，那你真应该多出去走走。这种云是云彩收集中最容易集到的一种类型（这也正是它的集云分数那么低的原因）。积云呈棉絮状，云底平坦，总在晴朗的日子慢悠悠地从天上飘过。积云通常形成于天亮后的几个小时，往往在日落之前便会消散，这是因为积云形成于上升暖气流上——当地表空气被太阳加热之后会上升，形成我们看不见的气柱。

浓积云云塔。

加拿大安大略省米西索加市上空，鲍勃·奥特（会员编号13770）摄

碎积云（尚未成形或已经消散）。



加拿大阿尔伯塔省上空，珍妮丝·史密斯（会员编号10496）摄

大多数的积云都不会生成雨或雪，所以它们被当作好天气的象征。但在不稳定空气中，积云明亮清晰的花椰菜形态会向上生长，所以它们的云种能从小小的淡积云发展成中积云，再发展成最大的积云形式——浓积云。有了不祥的暗黑云底之后，这种云就不再代表好天气了。浓积云会造成短时大雨，还会继续发展成为导致暴风雨到来的、凶猛的积雨云。

相比之下，小片的积云只有长得像美国演员大卫·哈塞尔霍夫那样时才有点吓人。

积云云种： ☐ **淡积云：**水平宽度大于垂直厚度。 ☐ **中积云：**垂直厚度和水平宽度相当。 ☐ **浓积云：**垂直厚度大于水平宽度。	☐ **碎积云：**破碎状，边缘参差不齐。 **积云变种：** ☐ **辐辏状积云：**整齐排列成“云街”。

层积云 STRATOCUMULUS

低云族
（云底高度低于2000米）

意大利马尔莫拉达峰，克劳迪娅·哈施（会员编号9596）摄

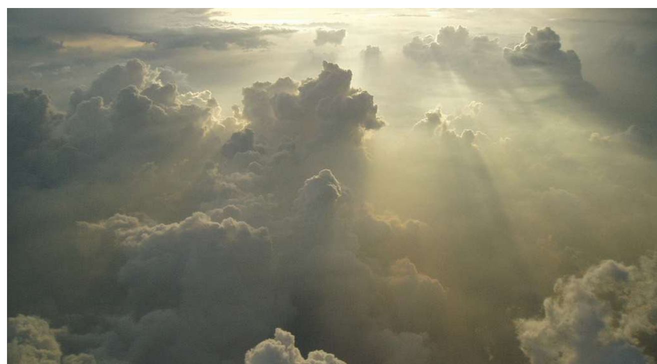
不断变化且无所不在的层积云。

☐ 观测到层积云	分数：10 + 10 加到记分卡
日期：…… 时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
☐ 照片文件：……	
集云分数： 任意层积云……………… 10 分 ☐ 如果看到太阳光从云隙中照射下来，好似巨大的火炬光束， 可获得加分 …… 10 分 ☐	**典型高度：**300—1400 米。 **降水：**偶尔带来小雨、雪或霰。**易混淆：**积云，层云，高积云。

所有的云彩类型中，分布最广泛的是层积云，它是低低的一层或一团云，有着边界明晰的团块状底部。团块之间要么连在一起，要么存在缝隙。如果天空阴云密布，云底看上去很低，有着从白色到深灰色的色调，观云者就可以很自信地在集云记录表中加上层积云的记录。

高的层积云中有一个变种，小云块之间存在缝隙，这叫漏光云，这种云容易跟中云族中的高积云混淆。但层积云通常形态不规则，且小云块更大（当层积云高于地平线30度以上时，你把胳膊伸直，三指并拢对着云彩，层积云的小云块宽度会大于你三根手指的宽度）。

从高空看，天空中布满层积云。



河内到吉隆坡的飞机上，鲁扎纳·穆赫德·穆赫塔尔（会员编号14191）摄

一片较高的层积云。

英国诺森伯兰郡特威德河畔贝里克上空，安东尼奥·费奇（会员编号11066）摄

由于层积云是阳光的终结者，它可能不是最受欢迎的云，但却是最多变的云彩之一。

层积云云种：

☐ **成层状层积云：**在天空中不是呈小块，而是铺展出一大片。

☐ **荚状层积云：**比较平滑，形态像凸透镜。

☐ **堡状层积云：**云层上部有炮塔状凸起。

层积云变种：

☐ **透光层积云：**云体非常薄，透过它能看到太阳或月亮的轮廓。

☐ **漏光层积云：**云块之间有间隙。

☐ **蔽光层积云：**云体很厚，能把太阳或月亮完全遮住。

☐ **复层积云：**有不止一层，有时会有部分并合。

☐ **波状层积云：**波浪状。

☐ **辐辏状层积云：**云块排成一条条直线，汇聚于地平线上。

☐ **网状层积云：**云层中包含大的孔洞，其边缘为云体。

层云 STRATUS

低云族
（云底高度低于2000米）

美国纽约上空，佐尔坦·法拉戈（会员编号12528）摄

“我想取消我预订的顶楼餐厅，谢谢。”

☐ 观测到层云	分数：15 + 20 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 任意层云…………15 分 ☐ 当你从空中俯视层云并看到它的波状上表面时，可获得加分…………20 分 ☐	**典型高度：** 0—450 米。 **降水：** 只是偶尔下毛毛雨、小雪或雪粒。 **易混淆：** 高层云，卷层，雨层云。

层云是所有云彩种类中高度最低的一种，即便你在室外，层云也能给你一种奇怪的幽闭恐惧感。层云没什么特色，云层灰暗，云底距地面通常不高于450米。和同样没什么魅力的表亲高层云相比，层云要低得多。层云有时候能遮挡住一些高层建筑的楼顶，使其变得模糊不清。如果像这样的云足够低，低到地表附近，就被称为雾或霭。由于雾有时候和空中的层云形成方式不一样，所以本书有单独的页面介绍雾。

山腰上的碎层云。

冰岛博隆加湾，米谢勒·格鲁伯（会员编号11072）摄

层云形成的途径之一是潮湿的空气吹过一片相对寒冷的表面，例如寒冷的海面或融雪覆盖的地面，空气冷却，形成层云。［“平流

雾”的形成方式与此相同，只是风更温和一些］。层云形成的另一种途径是空气抬升的时候被冷却。这可能会发生在空气吹过山腰的低坡，或者暖空气慢慢越过一片冷（较致密）空气的时候。层云还有一种形成途径：当夜间形成的雾被不断变强的风搅动，从地面抬升到空中，也可以形成层云。

层云云种：	层云变种：
☐ **薄幕层云：**云层呈灰色，没什么特色，这是目前层云最常见的形式。 ☐ **碎层云：**团块状或破片状，有时出现在山腰上。若形成于雨云下方的潮湿空气中，就被称作破片云。	☐ **蔽光层云：**很厚，能完全遮挡住太阳或月亮。 ☐ **透光层云：**很薄，透过它能看到太阳或月亮的轮廓。 ☐ **波状层云：**云层表面呈波浪状。由于云层非常松散，这个变种很难被观测到。

高积云 ALTOCUMULUS

中云族
（云底高度2000—7000米）

南澳大利亚劳拉上空，蒂娜·穆尔（会员编号7825）摄

高积云：谁打翻了装棉球的罐子？

☐ 观测到高积云	分数：30 + 15 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 任意高积云………………30 分 ☐ 如果在日出或日落时，看到非常漂亮的高积云，可获得加分………… …………15 分 ☐	**典型高度：**2000—6000 米。 **降水：**无。极个别情况下，堡状高积云会带来小雨。 **易混淆：**层积云，卷积云。

这些云的典型形态是几层中云族云彩或许多成团的小云块，形成团块状或条状。它们呈现为白色或灰色，在背离太阳的一侧有阴影。通过这一特征，我们就能将高积云与没有阴影的卷积云区分开来。另一个区分特征是小云块的尺寸。当高积云出现于地平线30度以上时，你把胳膊伸直，三指并拢对着云彩，高积云的大小约为一指宽到三指宽。

波状高积云。

克罗地亚萨格勒布上空，托米斯拉夫·科尔达斯（会员编号14196）摄

所谓的幡状云好似水母触手。

下图：美国俄勒冈州比弗顿上空，格雷格·蔡尔兹（会员编号10823）摄

高积云的云种中，最与众不同的是荚状高积云，它看上去不像是一层小云块，而像是大个儿的、光滑的独立云体。

高积云多达四个云种和七个变种，它们能形成最引人注目、最美丽的云景，尤其是在太阳高度较低、光线低斜的时候。

高积云云种：

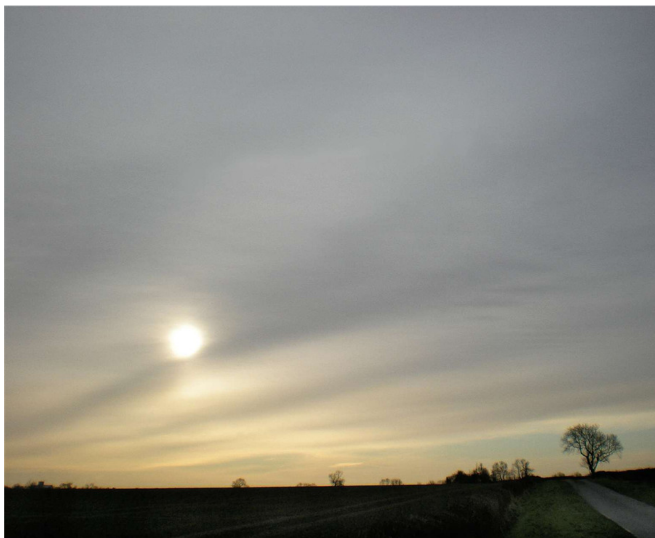
- ☐ **成层状高积云：**在天空中蔓延开来，而不是形成小块状。
- ☐ **荚状高积云：**平滑、透镜形。
- ☐ **堡状高积云：**云层上部有炮塔状凸起。
- ☐ **絮状高积云：**小云块像积云，云底粗糙，通常伴有幡状云出现。

高积云变种：

- ☐ **透光高积云：**很薄，透过它能够看到太阳或月亮的轮廓。
- ☐ **漏光高积云：**云块之间有间隙。
- ☐ **蔽光高积云：**云层很厚，能完全遮挡住太阳或月亮。
- ☐ **复高积云：**由不止一层高积云组成，有时云层之间会有部分并合。
- ☐ **波状高积云：**波浪状。
- ☐ **辐辏状高积云：**云块排成一条条直线，汇聚于地平线上。
- ☐ **网状高积云：**云层有很大的孔洞，其边缘为云体。

高层云 ALTOSTRATUS

中云族
（云底高度2000—7000米）



英国林肯郡盖特伯顿上空，伊恩·洛克斯利（会员编号1868）摄

如果你观看高层云时能保持清醒，就可获得加分。

☐ 观测到高层云	分数：15 + 10 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 任意高层云………… 15 分 ☐ 如果你能说服任何一个人对这种云产生一点点兴趣，就可以获得加分………… 10 分 ☐	**典型高度：**2000—5000 米。云体越厚，云底越低。 **降水：**能持续很久，但雨量很小。 **易混淆：**层云，卷层云。

相对于其近亲———丰富多变的高积云来说，高层云毫无生气、毫无特征，用专门的版面来介绍它似乎不太合适。很少有观云者会在收集到这种云之后击掌庆祝。毕竟，高层云通常被认为是所有云彩类型中最无聊的一种。不过，越是这么说，越使它显得值得关注。

这些云条被称作波状辐辏状高层云。

南极洲上空，劳拉·普里奥克斯（会员编号10582）摄

高层云属于中云族，通常没什么特点，云层灰暗——就像天空蒙上了一层绵延几千平方英里的特百惠塑料。拜其灰暗的模样所赐，高层云会带来短时毛毛雨或小雪。一旦云层变得足够厚，厚到能产生更

多的降水，通常就会发展成雨层云。

形成高层云的最常见途径是高的卷层云增厚，这发生在一大片暖空气撞上一片冷空气的时候。暖空气密度低，会轻轻地升到冷空气上面去。

高层云通常比层云更暗，也从不会像卷层云那样产生大气晕现象。如果你能透过高层云看到太阳，那你会感觉像是隔着一层磨砂玻璃。

高层云没有什么不同的云种。 高层云变种： ☐ **透光高层云：**很薄，透过云层能看到太阳或月亮的轮廓。 ☐ **蔽光高层云：**很厚，能完全遮挡住太阳或月亮。	☐ **复高层云：**包含不止一层高层云，只在斜阳照射下可见。 ☐ **波状高层云：**波浪状。 ☐ **辐辏状高层云：**一行一行向着地平线汇聚，这种形态偶尔出现。

卷云 CIRRUS

高云族
（云底高度5000—13500米）

苏格兰高地，科河谷上空，弗兰克·豪伊（会员编号4613）摄

卷云是下落的冰晶产生的云条。这是其中带钩的那种，叫钩卷云。

☐ 观测到卷云	分数：20 + 15 加到记分卡

日期：…………　时间：…………

地点：…………

天气条件：…………

☐ 照片文件：…………

集云分数： 任意卷云…………20 分 ☐ 如果看到卷云有与众不同的钩状形态（上图），也就是经典的钩卷云，可获得加分…………15 分 ☐	**典型高度：**6000—12000 米。 **降水：**不会到达地面。 **易混淆：**能产生雨幡［即幡状云］的高积云。

卷云是所有云彩类型中外形最优雅缥缈的，也是高度最高的——云体全部由冰晶组成。冰晶下落的时候穿过对流层上部高空中的风，形成精美的天空艺术绘画效果，这就是“幡”。卷云通常看上去像白色的头发（其拉丁名称正是来源于此）。

卷云增厚，在蓝天中逐渐铺开，是高空湿度增大的第一个信号，表明云彩的连续发展过程已经开始，这个过程将最终形成雨层云，并将在一天左右的时间内产生降雨或降雪。

乱卷云扭曲的丝缕。

新西兰瓦卡塔尼上空，沃利·塞科姆（会员编号14197）摄

积雨云消散后密卷云挂在空中。

英国汉普郡彼得斯菲尔德上空，理查德·马克斯（会员编号10437）摄

除了密卷云（参见下表）之外，卷云所有其他的种类都可以折射、反射太阳光，产生彩色的光弧和光环，也就是晕现象。

卷云云种：

☐ **毛卷云：**云体的细丝末端没有钩状或块状结构。

☐ **钩卷云：**云幡的形状像钩子或逗号。

☐ **密卷云：**云体很厚——有时就是消散的积雨云的云砧。

☐ **堡状卷云：**带炮塔状顶部的团簇上挂着幡。

☐ **絮状卷云：**相互分离的圆形团簇上挂着幡。

卷云变种：

☐ **乱卷云：**不规则的、纠缠的幡。

☐ **辐辏状卷云：**平行的云丝，方向通常与风向一致，最终汇聚到地平线上。

☐ **脊状卷云：**丝状，看上去像带着脊柱的鱼骨头。

☐ **复卷云：**丝状或条状，不止一层。

卷积云 CIRROCUMULUS

高云族
（云底高度5000—13500米）

英国伯克郡斯特拉特菲尔德莫蒂默上空，斯蒂芬·伯特（会员编号2814）摄

卷积云看上去像是跳伞运动员空中婚礼上撒下的米粒。

☐ 观测到卷积云	分数：40 + 10 加到记分卡
日期：……………… 时间：………………	
地点：………………	
天气条件：………………	
☐ 照片文件：………………	
集云分数： 任意卷积云………………40 分 ☐ 如果卷积云在卷云附近，或在卷层云团块的附近，可获得加分，因为这几种云彩常常在一起形成………………10 分 ☐	**典型高度：**7500—10500 米。 **降水：**不会到达地表。 **易混淆：**很常见的中云族高积云中较大的小云块。

由于距离地面很远，卷积云呈现为很高的成块或成层的小云块。

要区分卷积云和低一些的高积云，最好的方法是看小云块的尺寸，以及整个云层在天空中铺开的面积。卷积云的云朵距离地面如此遥远（通常是在大约9500米的高空），看上去很小，你得很仔细地看，才能看到云彩的纹理结构。就卷积云而言，如果它们高于地平线30度以上，当你伸直胳膊测量时，小云块的尺寸不大于你一根手指的宽度。

卷积云常呈小块状出现，而不是在天空中铺开。

英国伯克郡斯特拉特菲尔德莫蒂默上空，斯蒂芬·伯特（会员编号2814）摄

卷积云几乎全部由冰晶组成，实际上它是一种罕见且短暂的云。大多数情况下，你看到的一层小云块都属于高度低一些的水滴云——高积云。因此，卷积云是一个能赚分的好云，在主要的云彩类型中，它的分数最高。

卷积云云种： ☐ **成层状卷积云：**延伸到大面积的天空，而不是呈小块状。 ☐ **荚状卷积云：**很平滑，呈凸透镜形。 ☐ **堡状卷积云：**小云块顶部呈炮塔状——当然，你得借助双筒望远镜才能看到。	☐ **絮状卷积云：**小云块很像积云，云底粗糙，通常伴有幡状云。 **卷积云变种：** ☐ **波状卷积云：**像波浪。 ☐ **网状卷积云：**云层中包含大的孔洞，其边缘为云体。

卷层云 CIRROSTRATUS

高云族
（云底高度5000—13500米）

美国得克萨斯州休斯顿，杰森·塔克（会员编号7413）摄

卷层云由冰晶组成，就像这幅图所示，看上去可能呈现为纤维状。

☐ 观测到卷层云	分数：20 + 20 加到记分卡
日期：……………… 时间：………………	
地点：………………	
天气条件：………………	
☐ 照片文件：………………	
集云分数： 任意卷层云……………… 20 分 ☐ 如果一次看到卷层云产生不止一种晕现象，可获得加分……………… 20 分 ☐	**典型高度：**5000—9000 米。 **降水：**无。 **易混淆：**更低更厚的层云，以及不会产生晕现象的高层云。

卷层云是一种稀薄、朴素的云，很容易被人们忽视掉，只有热衷于集齐十种主要云彩类型的观云者才会注意到它。

卷层云是一层精致的冰晶，通常延伸开来，覆盖大面积的天空，看上去就像是在蓝蓝的天上铺了一层浅浅的乳白色。它有时呈现为条状或纤维状（这类云叫作毛状云），但大多数时候在色调上缺乏变化。

能产生这样的晕，表明天空中的云是卷层云。

英国东萨赛克斯郡巴特尔上空，格雷厄姆·基恩（会员编号7967）摄

柔和的面纱。

英国林肯郡特伦特河上空，伊恩·洛克斯利（会员编号1868）摄

在产生晕现象的高云族中，卷层云是表现最为出色的。当阳光被微小的冰晶折射、反射，会产生一系列光弧、光环和光斑。这些现象并不是总会出现，但当它们出现时，会呈现出非常美丽的彩虹般的色彩。晕的存在是区分卷层云和高层云的一种准确方法，高层云更低，并且是由（至少一部分是由）水滴组成的，不会产生晕。

卷层云云种：	卷层云变种：
☐ **毛卷层云：**由精致、平行的纤维状结构组成。 ☐ **薄幕卷层云：**很平滑，色调没有什么变化。	☐ **复卷层云：**在不同的高度上有不止一层，不同层之间很难区分，除非是不同的风把各个高度上的每一层云吹向不同方向，才能分辨出来。 ☐ **波状卷层云：**像波浪。

雨层云 NIMBOSTRATUS

多个云族
（贯穿不止一个云层）

英国约克郡惠特比，伊恩·洛克斯利（会员编号1868）摄

拜雨层云所赐，海边的这一天十分美好。

☐ 观测到雨层云	分数：10 + 5 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 任意雨层云………… 10 分 ☐ 如若周末在海边度假，被雨层云淋湿，可获得加分（希望这样能让你感到好受些）………… 5 分 ☐	**典型高度：** 0—3000 米。 **降水：** 必然。 **易混淆：** 你如果正在云的下方，就有可能把它与层云、高层云、积雨云相混淆。

当人们抱怨云彩真无聊的时候，他们通常说的是雨层云。这种浓厚、灰暗、没什么纹理的雨云让别的云彩也背上了坏名声。它遮住太阳光线、让万物变得昏暗，还导致降雨，而且雨往往还下得那么大。

只有两类云是由于经常带来降雨或其他降水而被定义的，其中一类就是雨层云，另一类则是暴风雨到来时的积雨云。这两种云都表现为让人感到不祥的昏暗天空，但可以通过降水形式的不同加以区分。积雨云的降水迅猛而短暂，雨层云的降水则相对持久，可以持续数小时。

雨层云的到来总是悄无声息，它通常是由高层云变厚、下降而形成的。由于两者存在转化关系，辨别高层云和雨层云的方式显得有些学术化。然而，当云体阴暗、降水量中等或较大、模糊的云底出现颜色更深的碎层云——破片云时，我们就可以确认收集到的是雨层云了。

但是，你并不能因收集到这种云而赢得额外分数，因为这种云的照片与那些漂亮的云比起来通常会逊色很多。

这些云也会导致降雪。

英国德比郡格洛瑟普上空，戴夫·利奇（会员编号12529）摄

雨层云的云种及变种：

雨层云缺乏纹理形状，因此没有什么不同的云种或变种。

积雨云 CUMULONIMBUS

多个云族
（贯穿不止一个云层）

美国密苏里州堪萨斯上空，米克·奥尔伯格（会员编号14198）摄

积雨云是云彩之王，有时候会长到16000米高。

☐ 观测到积雨云	分数：40 + 15 加到记分卡
日期：……………… 时间：………………	
地点：………………	
天气条件：………………	
☐ 照片文件：………………	
集云分数： 任意积雨云……………… 40 分 ☐ 当云彩之王带来了雷电，可获得加分……………… 15 分 ☐	**典型高度：**云底高度约为 600 米，云顶可达 13500 米。 **降水：**暴雨，通常有冰雹。 **易混淆：**浓积云，雨层云。

如果收集到的云彩里不包含大个头的云彩教父——积雨云，那你的云彩收集就是不完整的。这种巨大的暴风云通常有着铁砧状形态，可以单独形成，或与周围邻居共同形成多单体风暴或者超级单体风暴。

鬃积雨云发型糟糕的一天。

英国萨默塞郡特卡柯特村上空，罗恩·韦斯特马斯（会员编号4451）摄

观云者应该已经注意到了，砧状形态只有从许多英里外的地方才能看到。它是由浓积云发展而来，如果从液滴转化为冰晶，就会形成更柔软的边缘，发展成积雨云。在积雨云下方，你会看到它黑暗、粗糙的云底，它是如此之低，看上去就好像覆盖了整个天空。把它和雨

层云区分开的方法是看它们的降水形式，并且积雨云会带来打雷、闪电，还常带来冰雹。

在云下方看到的景象。

意大利卡米尼亚诺上空，伯纳多·赫德—史密斯（会员编号14192）摄

积雨云还有一系列附属云和附属特征，例如砧状云、悬球状云、幞状云、缟状云、弧状云和管状云。

积雨云云种： （只有在距离云彩许多英里的地方才能辨别出来。） ☐ **秃积雨云：**顶部是柔软的丘状，而不是纤维状或条纹状（在拉丁语中意为“秃头”）。	☐ **鬃积雨云：**由秃积雨云发展到成熟阶段，顶部扩展开来，形成我们熟悉的砧状形态，带着卷云似的纤维状或条状结构（在拉丁语中意为“多毛的”）。 **积雨云没有变种。**

云种和变种：

英状云 LENTICULARIS

美国华盛顿州雷尼尔山上空，瑞安·弗韦斯特（会员编号13523）摄

英状高积云叠在一起，形成一堆盘子的样子。

☐ 观测到荚状云	分数：45 + 25 加到记分卡

日期：…………………………………… 时间：……………………………

地点：……………………………………………………………………………………

天气条件：……………………………………………………………………………

☐ 照片文件：………………………………………………………………………

集云分数：	此云种见于：层积云，高积云，卷积云。
任意荚状云………………… 45分 ☐ 较湿空气层和较干空气层交替出现，会形成一堆盘子似的荚状云，看到这种少有的云可获得加分…………………………………… 25分 ☐	**易混淆：**幞状云，不同之处只在于幞状云是在积云上形成的，而不是在山上。

如果要评选“天空中最奇怪的云”，荚状云将是这一比赛的获胜者。它的名字来自拉丁语，意为“小扁豆”，因其非常独特的凸透镜状外形而得名。它们通常看起来像飞碟。这种云被命名的时候，大概还没人想出哪个拉丁语词汇的意思是“形状像UFO（不明飞行物）”。

荚状云可见于低云族、中云族和高云族中，其中最引人注目的是中云族的荚状高积云。无论在怎样的高度上，它们通常都是由潮湿气流越过上升地形（例如小山丘或山峰）形成的。当这一区域的大气比较稳定，空气会向下发展出波状运动，无形之中上升，并在背风处下沉。如果爬升且被冷却的空气足够多，波峰位置就会出现荚状云。这些云不像大多数云那样随波逐流，而是会在最强的风中盘旋（只要空气速度保持恒定）。它们在气流中的位置相对固定，就像在急流当中位于巨石后面的那片稳定的水波。

高空的荚状卷云

英国牛津郡沃特灵顿上空，理查德·B. 梅钦（会员编号10911）摄

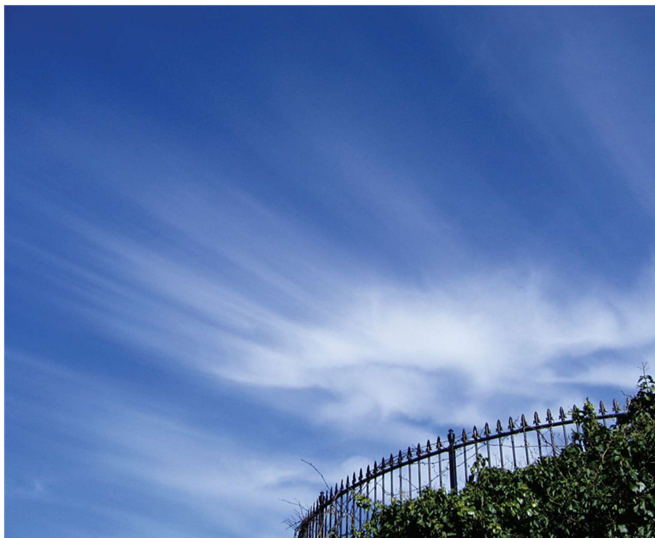
低一些的荚状层积云

下图：克罗地亚奥米什上空，杜尼娅·卢契奇（会员编号14199）摄

当气流中的潮湿空气被干燥空气分成一层一层的，就可能会出现堆叠形态，也就是著名的“一堆盘子”（pile d'assiettes，法语，意为“该你洗碗了”）。

毛状云 FIBRATUS

云种



英国东安格利亚诺里奇上空，安德鲁·布卢梅尔（会员编号12532）摄

毛卷云延伸到很远的地方，也被称为辐辏状云。

☐ 观测到毛状云	分数：15 + 10 加到记分卡
日期：…… 时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
☐ 照片文件：……	
集云分数： 任意毛状云……15 分 ☐ 如果看到毛发状的云丝被吹成了时髦的波浪外形，可获得加分……10 分 ☐	**此种类见于：**卷云，卷层云。 **易混淆：**钩卷云和絮状卷云。

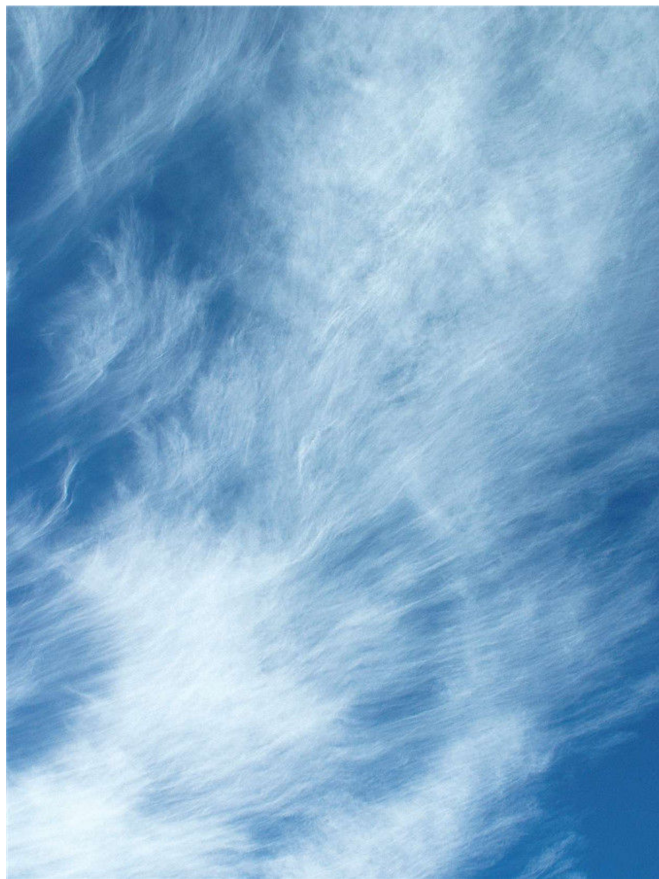
当高空的冰晶云———卷云和卷层云被风拉成长长的细丝，就被称为毛状云。云丝紧密排布，看上去像是被梳子梳过的头发。这种整齐的大气发型取决于高空持续不断的风。毛状云在卷云和卷层云的高度更常见，这是因为在对流层中越高的地方，平均风速越快，风受到地面的影响也越小。

卷云中其他一些种类也或多或少有平行的纤维状结构，例如絮状卷云和钩卷云，要把毛状云和它们区分开，主要看云条的末端。毛状云的纤维状结构不会像絮状卷云那样从蓬松的团簇向下弯，也不会像钩卷云那样从较厚的头部产生一个钩状、逗号状的形态。毛状云就只是简单的、细条状的高空云。

云彩就像是天空的表情，是大气情绪的指示标，但对毛状云来说情况有所不同。除了能表明高空有持续不断的风，它们几乎没有蕴藏关于天气的任何信息。

或许它们存在的意义就只是长得好看。

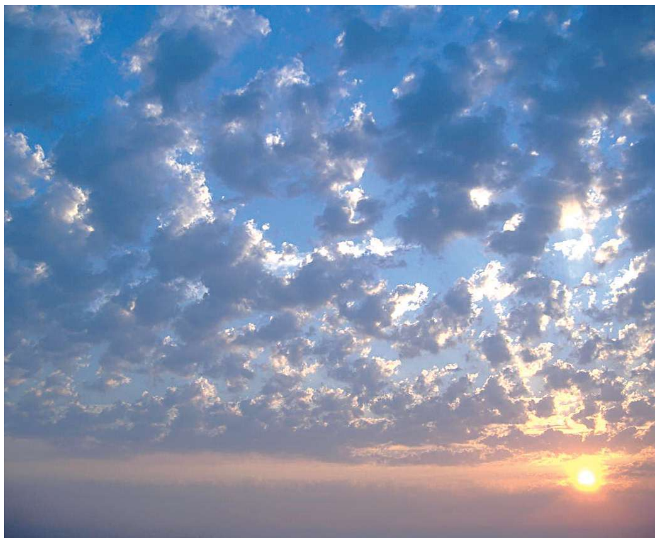
这是圣诞老人的胡须，还是毛状卷层云精美的细丝？



美国得克萨斯州圣安东尼奥上空，香农·D.穆尔（会员编号1477）摄

堡状云 CASTELLANUS

云种



英国德文郡斯塔特湾上空，西莉亚·沃伦（会员编号10606）摄

带有炮塔状顶部的堡状云中，最好看的是堡状高积云。

☐ 观测到堡状云	分数：25 + 20 加到记分卡
日期：……　时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
☐ 照片文件：……	
集云分数： 任意堡状云……25 分 ☐ 在高积云的高度上看到一些堡状云之后，如果正确预测到了阵雨，可获得加分……20 分 ☐	**此种类见于：**层积云，高积云，卷云，卷积云。 **易混淆：**絮状云，但絮状云的小云块没有炮塔状凸起。

如果云层向上发展出显著的炮塔状凸起，顶部不平整，就像锯齿一样，这种云就是所谓的堡状云，我们看到了堡状云的话，可以预测当天的晚些时候会有不稳定天气出现。

在三个云族的云彩中都能看到堡状云的炮塔状凸起，但其中最难辨别的是高云族的卷积云和卷云。这主要是因为云体距离我们很远，所以从地面看去它们显得非常小，要想看清楚云体上部的微小特征是一件很有挑战的事情。幸运的是，这些堡状云的例子，至少也能预示不稳定天气。

当低云族中的层积云上部发展出花椰菜状凸起，且凸起的高度大于其宽度，它就可以被认为是堡状云。这些向上发展的炮塔状顶部有时会继续发展，成为会导致降水的浓积云，甚至还会发展成能带来暴风雨的积雨云。

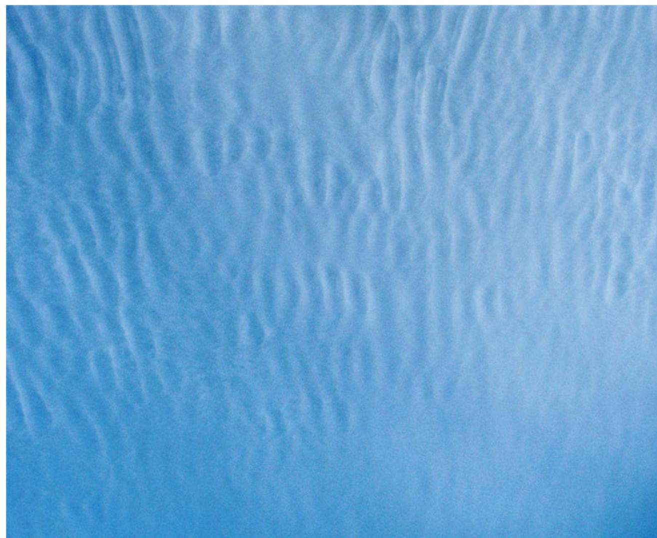
但是，中云族中的堡状高积云的锯齿状凸起是最为突出的，也最能预示不稳定天气。蓬勃发展的炮塔形，表明中云族中的空气不稳定。任何积云一旦开始发展出上升的热气流，都将到达这一层，并继续蓬勃发展，很可能形成高高的、会带来暴风雨的积雨云。

这种空中堡垒似的云彩叫作堡状云。

法国布列塔尼马克桑上空，斯蒂芬·伯特（会员编号2814）摄

波状云 UNDULATUS

云的一个变种



美国加利福尼亚州毕晓普上空，安德烈·柯克（会员编号6333）摄

波状卷积云好像沙漠中的涟漪一样。

□ 观测到波状云	分数：20 + 10 加到记分卡
日期：…… 时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
□ 照片文件：……	
集云分数： 任意波状云……………… 20 分 □ 在不同云族的云彩中看到波状云产生纵横交错的效果，可获得加分….. 10 分 □	**此种类见于：**层云，层积云，高积云，高层云，卷积云，卷层云， 夜光云。

当云层的表面或小云块自身的排列发展出了波动起伏的外观，这就是云彩的一个变种——波状云。

一直以来，波和云都有着密不可分的关系。大气中气流的相互作用和地形对风的影响，可能导致大范围的气流波动。通常我们看不到这些波动，除非波动气流向上发展的部分发生冷却，形成水滴云或者冰晶云，但这些云在下落到波动气流的底部时非常薄，甚至是透明的。在这种情况下，波会在云层的表面出现，或者成为一个个云浪，并且之间隔有间隙。

上图：波状高积云。

上图：意大利托斯卡纳卡斯塔涅托-卡杜奇上空，卡特琳·普法伊费尔（会员编号12533）摄

当云层上方和下方的空气流速不一样，或流动方向不一样，通常会形成波状云。两种气流的切变效应使云彩中产生了波浪，这和沙滩上由水的运动所造成的波纹是一样的。

云彩中的波浪是很常见的，在十种主要云彩类型中，有六种都有波状云这个变种。它们的存在似乎在提醒我们，不要忘了我们周围的大气就像海洋中的海水一样多。

波状层积云。

澳大利亚北部地方巴克利台地上空，彼得·曼（会员编号14193）摄

网状云 LACUNOSUS

云的一个变种

英国伍斯特郡伍斯特上空，凯特·布鲁克斯（会员编号9962）摄

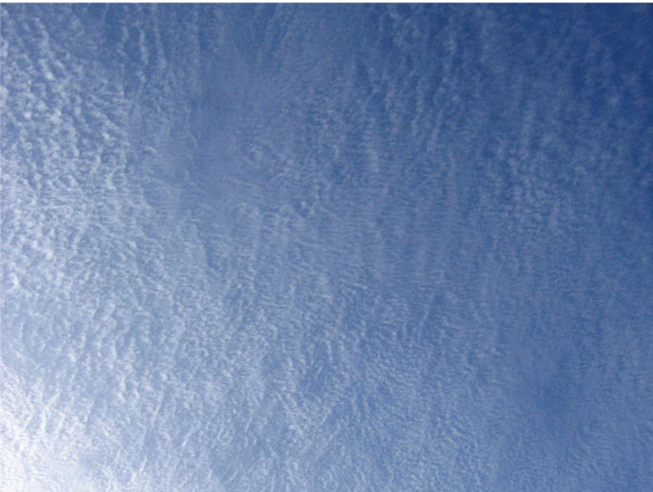
经由网状高积云的孔洞所看到的火山口般的景象。

☐ 观测到网状云	分数：40 + 35 加到记分卡
日期：……………… 时间：………………	
地点：………………	
天气条件：………………	
☐ 照片文件：………………	
集云分数： 任意网状云……………… 40 分 ☐ 当你在不规则的层积云中看到非常罕见的网状云，可获得加分……………… 35 分 ☐	**此种类见于：**层积云，高积云，卷积云，夜光云。 **易混淆：**雨幡洞云。

网状云是一种很罕见且转瞬即逝的云彩，其定义是云体自身中间有缝隙，而不是云团之间有缝隙。当云层中或多或少包含一些规则的孔洞，孔洞的周围是云体构成的边缘，就像网子或粗糙的蜂窝一样，那就是网状云。

虽然网状云在三个云族的云彩中都会出现，但对任何一个观云者来说它都是一项大奖，因为它的存在时间非常短。所以，就像同样短暂的幞状云一样，网状云也占有较高的集云分数。

从高的卷积云到低的层积云洞的尺寸是不一样的。



上图：英国诺福克郡诺里奇上空，安德鲁·布卢梅尔（会员编号12532）摄

从高的卷积云到低的层积云洞的尺寸是不一样的。

意大利蒙泰菲奥雷德拉索镇上空，马泰奥·科斯塔廖拉（会员编号2656）摄

网状云的孔洞是由下沉的空气团形成的，随后空气团之间的那些空气上升，试图去填补下沉形成的空洞，结果在孔洞周围形成边缘。这种下沉通常发生在一层较冷的空气越过较暖的空气的时候。因为冷空气更加致密，所以它会穿过暖空气下沉。于是就会形成类似粗糙蜂窝的外观，就像你有时在一杯热茶表面所看到的那种花纹。由于茶的表面冷却收缩，它会穿过下方的热茶，成团下沉，然后中间就会冒出泡泡，取代原本成团的位置。也就是说，没有人能完全肯定为什么有时候冷空气下沉，形成网状云，而有时候热空气成团上升，形成以相反方式排列的、中间有缝隙的小云块。

辐辏状云 RADIATUS

云的一个变种

新西兰卡蒂卡蒂镇尤莱特拉牧场上空，已故的布赖恩·查德利摄（此图片经他的遗孀库什拉授权）

这是"急流卷云"，还是神奇的"红箭"飞行表演队产生的航迹云？

☐ 观测到辐辏状云	分数：35 + 30 加到记分卡
日期：…… 时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
☐ 照片文件：……	
集云分数： 任意辐辏状云…………… 35 分 ☐ 如果看到急流卷云（或者说辐辏状卷云）从地平线一端蔓延到另一端，可获得加分……… 30 分 ☐	**此种类见于：**积云，层积云，高积云，高层云，卷云。**易混淆：**在某个云层高度上排列方向与风垂直的波状云。

当云层成卷或成块延伸到很远，一直到地平线上时，透视效应会使这些排成一条条线的云彩看上去像铁轨一样汇聚于一点。这种云是被称作辐辏状云的变种，在三个云族的云彩中都能见到。

在某个云层高度上，平行的云条会顺着风向延伸出去。［当它们垂直于风，就会形成波状云，而不是辐辏状云。］

低云族中的辐辏状积云叫作“云街”。形成这样的云会让滑翔机飞行员非常兴奋，因为这意味着飞行员可以沿着这条气流抬升的大道升得更高。

对于高空的冰晶云来说，最引人注目的辐辏状云来自急流——在对流层顶部，环绕地球中纬度地区的时速为290千米的狭窄风带。这些辐辏状卷云被称作“急流卷云”，它们可以被高空的风铺展出很远很远的距离。有时候，它们看上去就像是从地平线的一端一直延伸到另一端。透视效应使得云条很夸张地向上拱起，然后收敛于地平线两端的辐辏点处。这种辐辏状云的排列会让人印象深刻，会让云彩收集者很自豪，但事实上我们很难把这些云完整地拍摄下来，因为它们延伸的天区范围实在是太大了。

辐辏状积云也叫“云街”。

巴哈马群岛上空，保罗·库珀（会员编号1523）摄

复云 DUPLICATUS

云的一个变种

苏格兰马里郡福哈伯斯上空，安妮·伯吉斯（会员编号1481）摄

不同的风向揭示出这片毛卷层云中包含两层云彩。

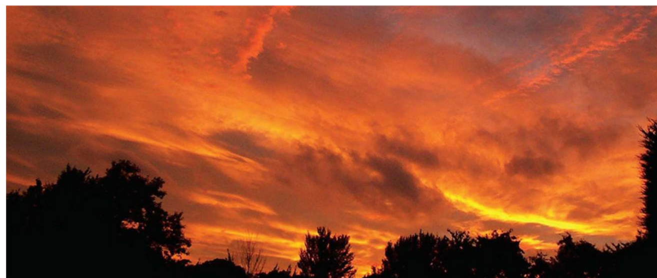
□ 观测到复云	分数：25 + 15 加到记分卡
日期：…… 时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
□ 照片文件：……	
集云分数： 任意复云……25 分 □ 在持续时间很长的日出或日落过程中看到复高层云，可获得加分……15 分 □	**此种类见于：**层积云，高积云，高层云，卷云，卷层云。**易混淆：**分属于不同云属的两层云，例如层云与其上 方的卷层云。

有些云彩的集云分数很高是因为它们很罕见，而有些云彩的分数高只是因为它们很难被确认。复云就属于后一种情况，其云层同时出现在两个高度上。

当低云族中的层积云产生复云时，云彩的组分是水滴，而不是冰晶，较低的那一层通常很厚，会遮挡住较高的那一层。只有透过较低云层的间隙看到较高的云层时，才可能区分出这两层来。说实话，这样的低云并不令人兴奋。你可能会认为高积云和高层云的复云变种情况也类似，但是这些中云族的云彩更透明。所以当太阳在天空中非常低的时候，由于地球的阴影使两个云层中较低的那层变暗，较高的那层则沐浴在红宝石般的色调中，这样我们就看到了复云。事实上，复高积云可以产生最壮丽且持久的日落景象。

对于高云族的卷云和卷层云来说，如果它们碰巧有毛状云）的细丝，你就能迅速辨认出复云的两个云层来。不同高度上的风向不一样，因而每一层的毛状云会指向不同的方向。由于这些云是由冰晶组成的，所以通常呈现为半透明状，云层看上去像是只有一层，有着美丽的交叉图案。

太阳很低的时候，光影效果揭示出这片云是复高层云。

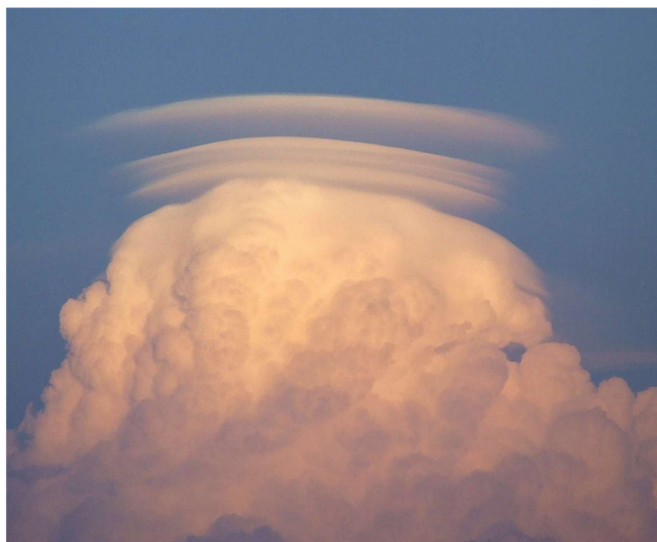


英国伯克郡斯特拉特菲尔德莫蒂默上空，斯蒂芬·伯特（会员编号2814）摄

附属云和附属特征：

幞状云 PILEUS

一种附属云



阿联酋迪拜上空，桑德拉·马隆（会员编号14202）摄

这种云被官方称为“梦幻”幞状云。（事实上没什么奇特，就是幞状云而已。）

☐ 观测到幞状云	分数：45 + 15 加到记分卡

日期：........................ 时间：........................

地点：..

天气条件：..

☐ 照片文件：..

集云分数：	通常伴随：浓积云，积雨云。
任意幞状云………………… 45 分 ☐ 如果在浓积云上方看到像唐纳德·特朗普发型的幞状云，可获得加分………………………… 15 分 ☐	易混淆：荚状云，山帽云。

幞状云在所有附属云中最短命，也最为貌美。幞状云的形成机制与荚状云以及山帽云颇为相似，后两种云是稳定气流沿着上升地形爬升时形成的。然而，导致幞状云形成的并非地面上的高山，而是另一朵稍纵即逝的云。

幞状云是云彩特意梳出来遮秃的发型。

法国上阿尔卑斯省拉腊涅蒙泰格林上空，休·惠尔豪斯（会员编号10655）摄

幞状云看起来很像一顶光滑的白色贝雷帽，或许也有点像唐纳德·特朗普梳的那种遮秃发型。幞状云是水平方向的帽子云，它在浓积云蓬松的花椰菜状顶部，或是新形成的积雨云较为柔和的顶部短暂出现。当巨大的对流云向上发展，遇到上层潮湿稳定的气流时，幞状云就形成了。下方云体中心的气流猛烈向上涌动，导致上层空气被抬升，从而温度降低，温度足够低的时候，一些湿气凝结成液滴。当气流再次沉降到对流云体下方时，幞状云也便消失不见了。

对于收集云彩的人来说，观察到幞状云可以加不少分。这是因为，不同于它的亲属缟状云，幞状云从不会在天空中长时间停留。观云者必须眼疾手快才能收集到一朵幞状云。猛烈的对流云会不可避免地继续向上发展，将光秃秃的顶部从幞状云中显露出来。唐纳德·特朗普的发型也终将面临这样的尴尬处境。

缟状云 VELUM

一种附属云

西班牙特鲁埃尔省上空，路易斯·安东尼奥·吉尔·佩林（会员编号14194）摄

缟状云是浓积云前方平行于地平线的那条薄薄的云。

☐ 观测到缟状云	分数：15 + 10 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 任意缟状云………………15 分 ☐ 如果你看到对流云团消散之后缟状云还飘在空中，可获得加分………………10 分 ☐	**通常伴随：**一大片浓积云或积雨云。 **易混淆：**幞状云。

缟状云是一种附属云，它在天空中的位置某种程度上和幞状云一样。虽然二者的形成方式类似，但形态上却大相径庭。不幸的是，缟状云相对而言更缺乏魅力且索然无趣。

缟状云的英文单词来自拉丁语，意思是船帆。这个名字具有误导性，因为缟状云是薄薄的、水平的云片，而不是从高高的桅杆上挂起、能兜住风的那种样子。你能在一大片对流云团，例如浓积云和积雨云的上方或者周围看到缟状云。从远处观察，缟状云通常看起来像白色或灰色的长条，它们与对流云团分离开，或者混合在一起。

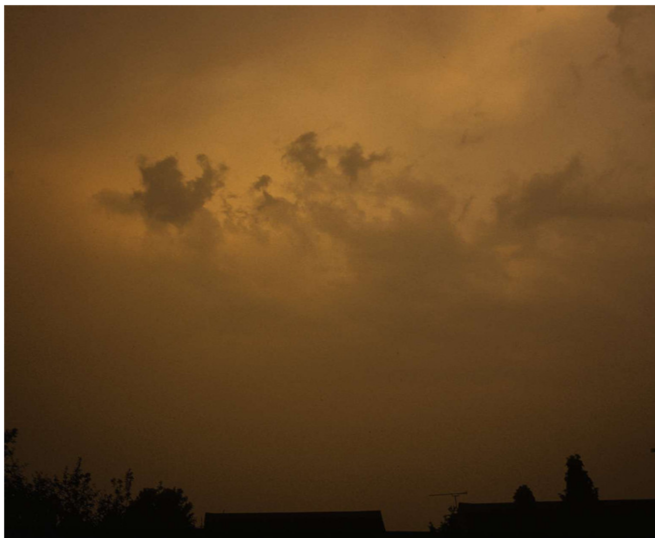
虽然较小的缟状云出现在单独的对流云团之上，但通常来说缟状云都分布在很大的一片区域中。如果对流云团向上发展之前，周围还没有云层出现，那么有时候积云顶部扩展开来，到达上方的稳定空气层中，也会发展出缟状云。随后，更多强大的积云会穿过稳定空气层，而缟状云还将在侧面游荡一段时间。

缟状云形成于稳定的云层中，会在对流云团消散之后还停留在空中。

英国德文郡达特穆尔上空，杰夫·威廉姆斯（会员编号1935）摄

破片云 PANNUS

一种附属云



英国伯克郡莫蒂默科蒙上空，斯蒂芬·伯特（会员编号2814）摄

这是一个穿着连帽衫的小孩，手里晃动着一杯波普甜酒吗？不，这只是潮湿空气中的破片云而已。

□ 观测到破片云	分数：10 + 10 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
□ 照片文件：…………	
集云分数： 任意破片云………………10分 □ 如果你对同伴预测说5分钟之内会下雨，应验了的话可获得加分…… ………………10分 □	**通常伴随：**浓积云，积雨云，雨层云。 **易混淆：**高层云下方的碎积云。

如果你收集到了破片云，不要太过兴奋。当你看到破片云的时候，你很可能会感到不知所措，因为它们可不怎么好看。

破片云盘旋在雨云下方的饱和大气中，就像是云彩世界中的小流氓，在星期六的晚上坐在麦当劳外面消磨时间。云彩的这些黑色碎片，严格来说归类于碎层云，它们让天空笼罩着不祥的气息。由于所有的水分都从降水云下方穿过，所以这片大气会变得非常潮湿。只有最轻微的上升阵风才能使空气冷却，使其中的一些水分凝结成微小的水滴，以一缕缕薄云的形态徘徊于空中。

如果你看到可怕的天空下挂着一些深色的破片云，却没有下雨或下雪，那么你可以肯定的是，降水很快就会到来。在云彩世界中，破片云能够提供5分钟内降水的预警。

与成群在街头逗留的小流氓一样，破片云之所以看上去不祥，很大程度上跟它们的环境有关。云彩的破片只要足够厚，就能阻挡住一些光，于是我们看到的这些云彩就比上方厚厚的暗色雨云更暗。如果不看它们所处的险峻环境，破片云就只是纤弱的几缕小云彩。这就像青春期前的14岁少年，他们一旦从群体中抽离，脱掉连帽衫，就不过是小小少年。

看上去不祥的天空总是会被破片云弄得更加不祥。

英国伯克郡斯特拉特菲尔德莫蒂默上空，斯蒂芬·伯特（会员编号2814）摄

悬球状云 MAMMA

一种附属特征

加拿大马尼托巴省哈米欧塔上空，诺温·塞尔摄

正如其云砧底面所展示的那样，这朵积雨云需要挤奶了。

□ 观测到悬球状云	分数：30+25 加到记分卡
日期：…… 时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
□ 照片文件：……	
集云分数： 任意悬球状云…………… 30 分 □ 如果你在足够远的地方看到积雨云云砧底部有悬球状云，可获得加分………… 25 分 □	**通常伴随：**层积云，高积云，高层云，卷云，卷积云，积雨云，航迹云，火积云。

“那究竟是什么？”当人们看到悬球状云的照片时，通常都会是这种反应。悬球状云也叫乳状云，这些附属特征从云层平滑或粗糙的底部悬吊下来，看上去就像是牛羊的乳房（“mamma”在拉丁语中的意思就是乳房）。

有着这种超凡脱俗、如独立日般壮丽的景观，悬球状云对于任何一位云彩收集者来说都是必集的种类。悬球状云可见于各种类型的云彩中（参见对页），但最引人注目的例子是位于砧状云的底部，云砧在暴风雨到来时的积雨云顶部铺开，并可以覆盖住整片天空。

有人说悬球状云是暴风雨天气的预兆，看看这些悬吊的云球和积雨云，你可能认为这种说法很有道理。但实际上悬球状云更容易形成于暴风雨之后，而不是之前。一旦你在天空中看到悬球状云，通常说明暴风雨已经过去了，或者是已经掠过了你所在的那片地儿。

悬球状云的每个球，典型直径大约是1—3千米，出现时间持续10分钟左右。关于悬球状云的形成有很多种理论，但2006年的一份科学研究综述表明，目前我们还无法给出定论。

悬球状云很难在卷云中见到

威尔士安格尔西岛博德登上空，约翰·罗兰兹（会员编号9641）摄

在积雨云的云砧底部就很容易见到。

美国明尼苏达州埃克塞尔西奥上空，丽莎·C.布莱思（会员编号14200）摄

幡状云 VIRGA

一种附属特征

法国安德尔省沙托鲁上空，于尔根·奥斯特（会员编号12530）摄

幡状云是雨或雪在到达地面之前蒸发形成的。

☐ 观测到幡状云	分数：25 + 15 加到记分卡
日期：……………… 时间：………………	
地点：………………	
天气条件：………………	
☐ 照片文件：………………	
集云分数： 任意幡状云………………25 分 ☐ 当看到幡状云遇到突然变化的风并发展出陡峭的转角，可获得加分…………………15 分 ☐	**通常伴随：**积云，层积云，高积云，高层云，卷积云，雨层云。 **易混淆：**卷云。

如果你抬头仰望时看到上方有水母飘过，要么是你在潜水，要么是你看到了一种云彩的附属特征——也就是所谓的幡状云。

本质上，幡状云是正在降雨或降雪的云，但和能产生降水的云相比，它有一个重要的不同点：幡状云的降水并未到达地面。如果液滴或冰晶（或介于两者之间的东西）穿过足够温暖和/或足够干燥的大气，它们在落到地面之前就蒸发掉了。

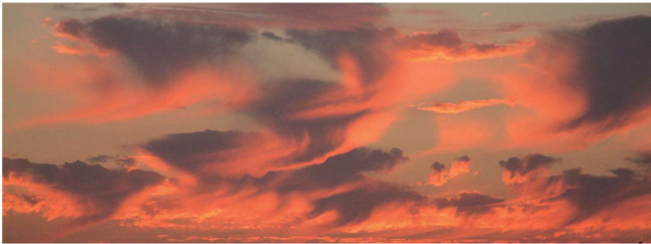
从地面上看，幡状云的外观是带着拖尾的，就像触须一样悬在云块下方，但它们不在大海中游动，而是在低层大气中飘浮。当幡状云出现在低云族的云彩中时，它们由水滴组成，看上去呈灰色。当它们由冰晶组成，从中云族或高云族的云彩中掉落，看上去颜色会更白。但要小心：这个区别微不足道，因为我们的眼睛会根据背景的亮度来判断颜色和色调。同一条幡状云拖尾，会由于背景天空的亮度不同而显得更白或更灰。雨幡洞云就是幡状云的一种特殊情况，云层中的过冷液滴降落，会在云中留下一个洞。

如果我们看到云彩产生的降水能一直到达地面，那这就不是幡状云了，而是“降水线迹云”。

当风速因高度而产生非常大的变化，幡状云会倾斜

意大利皮埃蒙特大区卡马尼奥拉上空，恩里科·佩诺拉兹（会员编号14204）摄

有陡峭的转角。



英国诺福克郡阿克桥上空，杰基·克洛弗（会员编号11639）摄

弧状云 ARCUS

一种附属特征

美国威斯康星州皮沃基上空，南希·沃尔克（会员编号14205）摄

对于高速行进的风暴云来说，弧状云就像是它的前保险杠。

☐ 观测到弧状云　　分数：30 + 25 加到记分卡

日期：…………　时间：…………

地点：…………

天气条件：…………

☐ 照片文件：…………

集云分数：	通常伴随：大的浓积云，积雨云，以及多单体风暴或超级单体风暴。
任意弧状云…………30 分 ☐ 如果看到清晰的架状结构，也就是所谓的滩云，可获得加分…………25 分 ☐	易混淆：风暴后端上升气流中的“云墙”。

风暴追逐者会在他们的云彩收集册中集到大量的弧状云，因为这种附属特征就像是暴风雨到来时云彩的前保险杠——又长又黑，沿着云彩前边（牌照附近的位置）的云底延伸出去，呈水平卷轴状或架状。所以，如果有暴风雨要来了，弧状云是首先到来的特征。

像其他那些暴力云种群，例如管状云和砧状云一样，弧状云只出现在很大的浓积云、积雨云或所有云彩系统中最粗暴的云（凶猛的多单体风暴和超级单体风暴）周围。当冷空气被风暴云中的降水形式向下拖拽，它在到达地面之前会铺展开，形成弧状云。由于弧状云分散在风暴周围，它们会钻到地面上比较暖和的、密度较低的空气下方。这会在云彩运动的方向上产生最强有力的抬升，形成“阵风锋面”，在其中，暖空气的水分足以凝结成液滴，形成弧状云。

有时候，风暴的前方会伸出黑色的、不规则的架状部分，这就是所谓的滩云。更加罕见的一种情况是，抬升运动会引起上升和下降的空气在风暴前方比赛，产生波浪，弧状云就会呈现为滚轴云的形态，随着自身运动而在波浪中旋转。

弧状云。

意大利热那亚上空，阿尔贝托·帕雷托（会员编号10595）摄

弧状云水平延伸出去，被称作滩云。

美国怀俄明州大蒂顿国家公园上空，阿兰·拉索（会员编号3233）摄

管状云 TUBA

一种附属特征

土耳其伊杰克姆上空，雷托·普菲斯特（会员编号12535）摄

当管状云下方与宽阔的水域相接，就会形成水龙卷（龙吸水）。

☐ 观测到管状云	分数：35 + 25 加到记分卡
日期：…… 时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
☐ 照片文件：……	
集云分数： 任意管状云……35 分 ☐ 如果看到气旋非常猛烈、管状云一直延伸到地面，可获得加分…… ……25 分 ☐	**通常伴随：**单个的浓积云和积雨云，但在巨大的多单体风暴和超级单体风暴系统中最为突出。

风暴云下方的大气常常是由混乱、猛烈、一点也不稳定的阵风混合而成的。但当风暴从单独的积雨云发展成组合系统，也就是所谓的多单体风暴或超级单体风暴时，气流的混战就会变得更加有条理。这种时候就会形成管状云。

大气中形成的管状云就像从风暴底部向下伸出的一根手指，它会将空气向上吸附到云彩中，保持云彩旺盛的纵向生长。这情景就好像一只上下颠倒的浴缸，里面的水从放水孔流出，上升的空气会开始形成涡旋。在一个大的风暴单元中，快速上升的空气膨胀并冷却，其中部分水分会凝结形成管状云墙。管状云也被称为"漏斗云"，它也会是龙卷风的胚胎。

如果大气并没有上升，而是从浓积云、积雨云之类的单独云体的底部下沉，也能形成管状云。这些下沉的空气被大阵雨拖向地面，会引起涡旋的形成。这种情况不像上升的空气那么猛烈，所以形成的管状云不太明显。它们预示的不是龙卷风，而是不那么凶猛的陆龙卷或水龙卷。

无论管状云预示着什么，当你在收集云彩的过程中遇到它时，记得保持距离，免得万一管状云想在自己的飞行碎屑收集物中增加一枚观云者。

云手指的第一个试探性信号。

美国科罗拉多州罗克堡上空，吉姆·克拉尼克（会员编号12842）摄

砧状云 INCUS

一种附属特征

美国得克萨斯州奥斯汀上空，金尼·鲍威尔（会员编号10927）摄

这并不是得克萨斯州奥斯汀上空的末日战争，只是积雨云的砧状结构而已。

☐ 观测到砧状云	分数：20 + 15 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 任意砧状云………………20 分 ☐ 当冰晶组成的这种顶篷有肋状或条纹状外观时，可获得加分………………15 分 ☐	**通常伴随：**积雨云。**易混淆：**核爆炸之后形成的蘑菇云。

砧状云是积雨云的一部分。事实上，它是暴风雨到来前云彩最典型的特征：冰晶在云的顶部形成巨大的顶篷。砧状云通常绵延数百平方英里，它比云彩的任何其他附属特征都要大得多，给成熟的风暴云赋予了与众不同的铁砧形状。

云彩为什么会形成砧状？一旦云彩开始从浓积云的云塔向上生长，随着液滴冻成冰晶，它的顶部就变得柔和了，然后开始向各个方向铺开。当巨大的风暴云遇到气象学家所说的逆温，其纵向生长受阻，便不得不铺展开来。

在低层大气中，高度越高，空气就越冷。但这只是平均来说的情况。通常，当较暖的空气吹过较冷的空气顶部时，会发生逆温情况。云层在生长过程中好像突然遇到了一个看不见的天花板，常规温度曲线在这里发生逆转。于是云中较暖的空气不再暖和，密度也比周围的空气低，所以停止了向上流动。温度发生逆转、使积雨云顶部铺展成砧状的地方，就是对流层与平流层的交界处，也就是对流层顶，这里的大气温度不再随着海拔升高而降低，甚至开始随着海拔升高而升高。

你必须要离得很远才能看到暴风雨到来前云彩的砧状结构。

西班牙特鲁埃尔省利亚诺斯德赫亚上空，路易斯·安东尼奥·吉尔·佩林（会员编号14194）摄

其他的云：

山帽云和旗云 CAP & BANNER

日本北海道羊蹄山上空，迈克尔·达文波特（会员编号14217）摄

山帽云被有些人看作是粉色绒球帽子云。

☐ 观测到山帽云或旗云	分数：30 + 20 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 山帽云或旗云……………… 30分 ☐ 如果看到好多层的山帽云或旗云有湍流涡旋， 可获得加分………… 20分 ☐	**典型高度：**在山顶周围或上方。 **降水：**山帽云可带来降水（但很少见）。 **易混淆：**幞状云，层云或层积云。

虽然山帽云和旗云的形成方式稍有不同，但它们共同的特点是都悬在山顶周围。

当山帽云形成之后，它看上去很容易让人觉得像停留在山头上的帽子。有时它看上去像一顶小瓜皮帽，有时它铺展得很大，像婚礼上婆婆戴的帽子[1]。偶尔有时候，一座山的头上好像叠戴着两顶帽子，当然，真要这样的话，那就是这座山失礼了。不论是哪种情况，山帽云形成于稳定气流上升越过一座山峰时，翻越婆婆戴的帽子。

旗云。

瑞士艾格尔山上空，鲍勃·彼得森（会员编号12047）摄

这朵山帽云像婚礼上

美国华盛顿州雷尼尔山上空，瑞安·弗韦斯特（会员编号13523）摄

过程中气流遇冷形成云。它是荚状云这个种类中的特例，只是山帽云位于山顶上，而不是下风处。

旗云形成于和山帽云类似的位置，但看上去更像是山峰正让自己的头发随风飘起，而且旗云的形成方式也和山帽云有点不同。当猛烈的风吹过显著的山峰，气压会在山峰的后面稍有下降。这足以使空气冷却，简单地凝结成液滴或者冰晶。

观云者当心不要收集错了——诸如层云或层积云之类的云爬到了山上可不算。只有时髦的山帽云或山的头发状旗云才能获得集云分数。

开尔文——亥姆霍兹波 KELVIN——HELMHOLTZ

澳大利亚新南威尔士州杰维斯贝上空，吉赛尔·格洛伊（会员编号12807）摄

厚厚的卷云中有开尔文——亥姆霍兹波，这是平静海面上的巨大破碎波。

☐ 观测到开尔文–亥姆霍兹波	分数：55 + 30 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 任意开尔文–亥姆霍兹波………… 55 分 ☐ 当开尔文–亥姆霍兹波是沿着荚状云顶部出现，可获得加分………… 30 分 ☐	**典型高度：**从地面高度（雾中）到 12000 米。 **降水：**影响不显著。 **易混淆：**波状云中并非破碎波的规则波浪。

开尔文——亥姆霍兹波在所有云彩中占据着最高分。它看上去就像岸边破碎的巨大海浪，既罕见又转瞬即逝，是云彩冲浪员的最爱。轮廓分明的开尔文——亥姆霍兹波，在云彩收集界就好比皇冠上的明珠，它要求观云者对天空有鹰眼般的觉察力和纯粹的大运。如果一个观云者能够独自收集到这种云，便能让他战胜厉害的竞争对手。

开尔文——亥姆霍兹波在三个云族的云彩中都会出现，可以被看作是波状云这个变种的极其特殊的实例，在层积云、高积云或者卷云中容易见到。也有些时候，能在雾的顶部边缘上看到它。在所有这些情况下，开尔文——亥姆霍兹波的持续时间都不会超过一两分钟。

这种独特的破碎波般的外观是由风切变引起的。当云在下方较冷空气层和上方较暖空气层之间突出的边界处开始发展，并且上层空气层比下层移动得快，就会沿着云的表面形成波状云。如果有足够的切变，这些波状云就能卷曲起来，形成一连串涡旋。它们可能看上去像冲浪运动员的理想天堂，但事实上其机制与浅水处的破碎的海浪完全不是一回事。

破波会出现在卷云

美国科罗拉多州莫纽门特上空，特里·鲁滨逊（会员编号7664）摄

层积云

比利时根特上空，弗里茨·奎滕布罗维尔（会员编号13684）摄

航迹云 CONTRAILS

英国伯克郡斯劳上空，戴维·安塞尔（会员编号6965）摄

对于想给历史剧拍外景的人来说，飞机航迹的存在真是噩梦。

☐ 观测到航迹云	分数：10 + 10 加到记分卡
日期：…… 时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
☐ 照片文件：……	
集云分数： 任意航迹云……10 分 ☐ 当飞机在已经存在的云层中切出一道口子，形成航迹云，看到这种情况可获得加分……10 分 ☐	**典型高度：**8500—12000 米。 **降水：**无。 **易混淆：**这种云很直，不太可能与其他云混淆。

在第一次世界大战以及高空飞行出现之前，我们的天空看上去和如今完全不同，那时没有飞机尾气形成的凝结尾迹，或者说航迹云。

这些人造云不容易与天然的云彩混淆。航迹云沿着飞机的飞行路径，在蓝色天空中画出白色长斜线。但在机场附近，它们有时会形成大环线，这是飞机相继等待着陆形成的。

航迹云在天空中的持续时间，或者它们能否形成，很大程度上与巡航高度的大气条件密切相关。当大气足够冷也足够潮湿，飞机热废气中所含的水蒸气与非常冷的空气混合并凝结会形成冰晶。在某些情况下，这些冰晶将迅速蒸发。也有些时候，它们可以持续数小时，冰晶吸收来自周围空气的水蒸气之后长大，并在大风中散开。通过这样的方式，航迹云通常会促成卷云、卷积云和卷层云这些冰晶云的形成。

如果收集到耗散尾迹，可以获得加分。与航迹云相反，耗散尾迹是飞机穿过云层时在云中切出的一道缝。这种情况发生于发动机的热和湍流使云滴蒸发的时候，或者发动机排放冰核的时候——冰核会促使云的过冷液滴冷冻并下落。

耗散尾迹，英文简写为“distrail”。

比利时圣彼得-罗德上空，居伊·洛伦特（会员编号12976）摄

火积云 PYROCUMULUS

美国亚利桑那州佩奇上空，理查德·阿特金森（会员编号11）摄

人造火积云也被称为“烟云”。

☐ 观测到火积云	分数：10 + 5 加到记分卡
日期：…… 时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
☐ 照片文件：……	
集云分数： 任意火积云……10 分 ☐ 当火积云非常强劲，最终导致雷电，可获得加分……5 分 ☐	**典型高度：**0—1500 米。 **降水：**如果云彩在火山或森林火灾上空生长得很大，可能会引起降雨。 **易混淆：**并未形成云彩的烟或火山灰。

当发生森林火灾时，上升的空气柱会形成云彩，它们被称为火积云。当周围有充足的水分时，任何足够热的东西都可能产生对流气流，形成云彩。猛烈的森林火灾和大规模的火山爆发都足以产生带有闪电或管状云特征的火积云，最终导致陆龙卷或水龙卷。火积云也会在发电站塔上方形成，有时它们被称作“烟云”。这是不多见的人造云之一——另一种人造云是航迹云。

森林火灾、火山和发电站为这些云彩的形成提供了所需的热量，而且还向空气排放了无数的微粒作为凝结核，也正是有了这些核才能形成云彩所需的云滴。这意味着火积云的云滴往往很小且很多，所以使云彩显得很厚——特别是当云滴与灰尘或烟雾混合时。

森林火灾的烟雾可能会有淡红色，而火积云的云彩有可能呈现为深灰色或亮白色。

澳大利亚塔斯马尼亚岛温耶德上空，加里·麦克阿瑟（会员编号5353）摄

森林火灾的烟雾可能会有淡红色，而火积云的云彩有可能呈现为深灰色或亮白色。

澳大利亚维多利亚州洛恩上空，安德鲁·格里夫斯（会员编号14195）摄

滚轴云 ROLL CLOUD

澳大利亚北昆士兰萨凡纳海湾海岸上空，加文·普雷特-平尼（会员编号1）摄

滚轴云中的王者是澳大利亚的“阵晨风云”。

☐ 观测到滚轴云	分数：30 + 10 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 任意滚轴云………… 30 分 ☐ 当滚轴云从你头顶上方越过，你停下正在做的事驻足观看，可获得加分………… 10 分 ☐	**典型高度：**300—1500 米。 **降水：**本身没有，但可能伴随暴风雨。 **易混淆：**附属于风暴云的其他形式的弧状云。

这种云呈现为又长又低的管子形，它可以从地平线一端延伸到另一端。有时候，滚轴云具有非常光滑的、丝绸般的表面。也有些时候，它可能会显得相当粗糙、崎岖不平。滚轴云的移动时速可以高达56千米，管子般的云体随其滚动而出现旋转。滚轴云的旋转方向和地面上滚动的固体管子不同。事实上，滚轴云旋转的方向与其运动方向相反——云的表面在前面抬起并在后面落下。

有一种著名的滚轴云叫作“阵晨风云”，它出现在澳大利亚北昆士兰。它形成于一个孤立空气波中，是由约克角半岛对撞的海风造成的。但大多数滚轴云属于弧状云，并且是由风暴引起的。随着风暴的消散，冷空气的阵风可以继续向前扩散，并形成一卷与风暴其他部分分离的云层。

滚轴云可以在正在消散的大风暴前面移动。

英国肯特郡桑盖特上空，杰夫·希克斯（会员编号2088）摄

滚轴云可以在正在消散的大风暴前面移动。

美国俄克拉何马州科林斯维尔上空，约迪·贾斯蒂斯（会员编号14210）摄

雨幡洞云 FALLSTREAK HOLE

美国佛罗里达州杰伊上空，维基·哈里森（会员编号10419）摄

一旦有些液滴冻住，它们就会夺取其他液滴的水分，并开始下落。

☐ 观测到雨幡洞云	分数：35 + 15 加到记分卡
日期：…… 时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
☐ 照片文件：……	
集云分数： 任意雨幡洞云……35 分 ☐ 如果看到太阳照过冰晶拖尾，产生虹彩色，可获得加分…… ……15 分 ☐	**典型高度：**2000—6000 米。 **降水：**冰晶会在到达地面之前就蒸发掉。 **易混淆：**卷云。

雨幡洞云看起来很奇怪，但实际上并不罕见。它们也被称为“穿孔云”，是中云族或高云族云层中脆弱的裂口，其下方悬吊着冰晶拖尾。

要形成一个雨幡洞云，云层必须由过冷液滴组成——尽管云层的温度低于0摄氏度，其中的水仍然是液态的。实际上这种情况很常见，因为悬浮在空气中的纯水液滴与冰箱中的自来水很不一样。如果大气中没有足够的微粒作为冰核，液滴无法附着于其上发生冻结，那么液滴就会维持液态，直到温度降至零下40摄氏度左右。它们“想要”冻结，但是也得有能使晶体生长的“种子”才行。

当云中的一片区域最终开始冷冻并开始连锁反应时，就会形成一个雨幡洞云。来自该区域过冷液滴的所有水分都会聚集到一起，形成冰晶，冰晶又迅速增长到足以下落的大小。作为幡状云的一种，冰晶的拖尾并不会到达地面，而是在到达地面之前就蒸发掉了。

那么，是什么启动了冻结过程？有时候是较高的卷云里的冰晶落到了云滴中。也有的时候，是由一架飞机在云层中上升或下降、形成…“耗散尾迹”所造成的。飞机尾气中的颗粒充当了启动冻结过程的冰核。

这个雪茄形的雨幡洞云是由飞机爬升穿过云层产生的。

英国剑桥郡达克斯福德上空，雷切尔·萨默斯（会员编号9892）摄

马蹄涡 HORSESHOE VORTEX

奥地利维也纳上空，乔·加德纳（会员编号340）摄

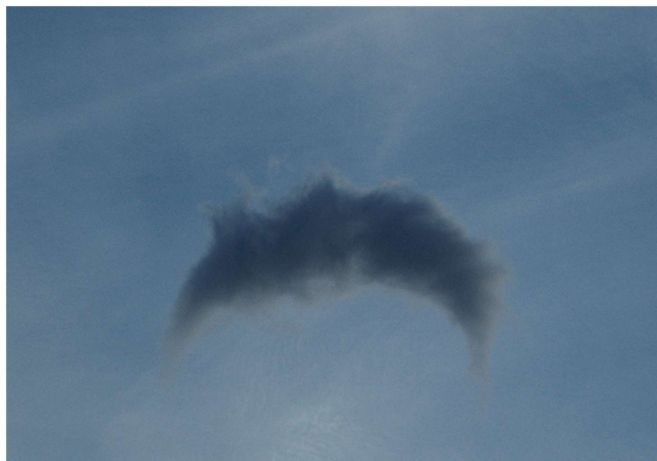
这是一个上下颠倒的马蹄，有人认为它不吉利，但观云者可不这么认为。

☐ 观测到马蹄涡	分数：50 + 20 加到记分卡
日期：…… 时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
☐ 照片文件：……	
集云分数： 任意马蹄涡……50 分 ☐ 如果能尽量拍到照片，就能看出风是怎么使它旋转的，这样可获得加分……20 分 ☐	**典型高度：**600—1500 米。 **降水：**这一小片云不会造成降水，但它经常形成于大的风暴云附近。 **易混淆：**没有什么能与它混淆！

马蹄涡真是一缕非常微妙的小云彩！除了那些特意想要收集马蹄涡且眼光锐利的观云者，其他人很容易错过这种云。马蹄涡很稀有、很短暂，只持续大约1分钟就蒸发掉了。如果运气好，看到了马蹄涡，一定要记得拍照，这样才能让收集云彩的朋友们更为信服。

马蹄涡形成于旋转气流（或称涡旋）区域中。虽然涡旋的常见方向是垂直的，但它偶尔也会在水平轴上发展。这种时候就能形成马蹄涡那种轻微旋转的新月状形态。这种水平涡旋由向上运动的小尺度气流形成，上升的气流遇到上方水平风向的突然变化就产生了旋转。很少有云在涡旋中出现，但如果涡旋上弧处的大气充分冷却，就会发展出旋转的月牙形云彩。找到马蹄涡的最佳场所之一是超级单体风暴附近。为风暴的生长提供动力的风，可能会导致正好合适的切变气流。

如果是法国人给它命名的话，那么这种云应该叫“羊角面包云”。



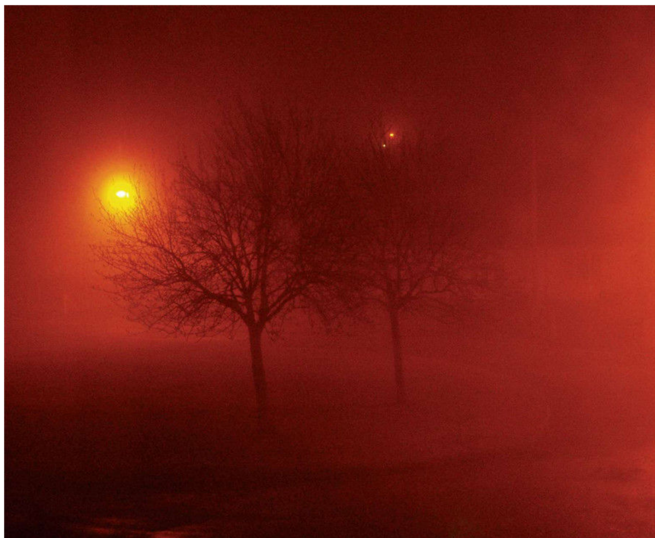
加拿大艾伯塔省贾斯珀上空，埃里克·雷瓦尔德（会员编号14215）摄

如果是法国人给它命名的话，那么这种云应该叫“羊角面包云”。

澳大利亚塔斯马尼亚岛比舍诺上空，约瑟夫·默里（会员编号14133）摄

这种好看的小云彩恐怕不会带来任何降水，但是如果有人看到它下雨，那他真是够幸运的，而且还能因此获得很高的集云分数。

雾和霭 FOG & MIST



英国林肯郡林肯上空，内森·费尔韦瑟（会员编号1319）摄

漫长且寒冷潮湿的夜晚，无云的天空下形成了辐射雾。

观测到雾或霭	分数：15 + 5 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
□ 照片文件：…………	
集云分数： 任意雾或霭……………… 15 分 □ 如果看到雾中阳光投下的影子形成曙暮光条，可获得加分 ……………… 5 分 □	**典型高度：**地面或海平面。 **降水：**当液滴遇到固体表面，“雾滴”会变得潮湿。 **易混淆：**如果你是一名飞行员，就有可能将其与空中的云弄混。

雾和霭的区别主要在于能见度不同。通常来说，在霭中的能见度为1—2千米，但在雾中的能见度不超过1千米——雾只是霭的加厚版。所有云彩种类中最低的一种是层云，雾有时候会被认为是地面的层云，但实际上它们的形成方式截然不同。

当空气在接近地表或水面时，如果充分冷却，水汽凝结成液滴，就会出现雾。冷却可能发生的方式主要有两种。

“辐射雾”形成于漫长、寒冷的晴夜。没有了云层这张保暖的毯子，地面会迅速地将一天的热力辐射到夜空中，这会使空气充分冷却，形成液滴。在较高的地面上，寒冷的雾气会下沉，聚集成“谷雾”。

当空气从一个较暖的表面吹过一个较冷的表面时，空气会发生冷却，形成“平流雾”。如果这些表面是海面的话，就被称为“海雾”。还有一种“蒸汽雾”——当寒冷的空气吹过诸如湖泊之类的较暖水面时，蒸发的水蒸气会瞬间冷却，形成液滴。

这还没有完。还有“上坡雾”、“山雾”、“冰雾”、“哈雾”和“锋面雾”。无论是哪种雾，对于观云者来说，没有什么比置身于雾或霭中更加接近云彩了。

蒸汽雾能在湖面上形成。

英国汉普郡新森林上空，保罗·亨特（会员编号12309）摄

从山坡上可以看到谷雾。

英国德文郡埃克塞特附近的埃克斯谷上空，马特·克拉克（会员编号14171）摄

钻石尘 DIAMOND DUST

奥地利萨尔巴赫上空，托马斯·多斯勒（会员编号8188）摄

当太阳光照射在钻石尘上，会产生晕现象。

☐ 观测到钻石尘	分数：30 + 15 加到记分卡
日期：…… 时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
☐ 照片文件：……	
集云分数： 任意钻石尘……………… 30 分 ☐ 如果看到钻石尘散射太阳光形成晕现象，可获得 加分 ……………………… 15 分 ☐	**典型高度：**地面。 **降水：**微小的冰晶通常太少了，不足以聚集成降水落到地面。 **易混淆：**精灵魔法粉。

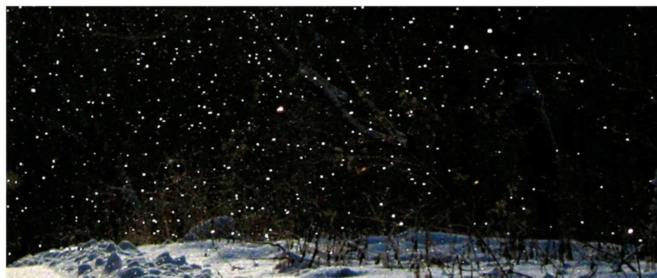
钻石尘在阳光下闪闪发光，这景象令人十分难忘。它是一种由冰晶组成的雾，由于雾本身不够厚，所以也不会降低能见度，只有当晶体从空中闪烁着光芒轻轻飘落时，我们才能注意到它。

钻石尘有时也被称为“冰雾”，但是这个术语通常用于指那些较厚的冰晶雾，它由形状不太规则的晶体组成，能降低能见度。对于经典的钻石尘而言，温度需要低于约零下20摄氏度。这意味着空气中的水蒸气通常会直接变成飘落的冰晶，而不是凝结成液滴然后冻住。其结果是形成地表的卷云或卷层云。

这样的条件在极地地区尤其是南极地区很常见，在那里晶体生长得非常缓慢，最终形成的钻石尘中都是有着规则形状的小棱柱冰晶。它们不仅会闪闪发光，还会使照射过来的光波发生反射和折射，产生清晰而巨大的光弧、光斑和光环，也就是所谓的晕现象。

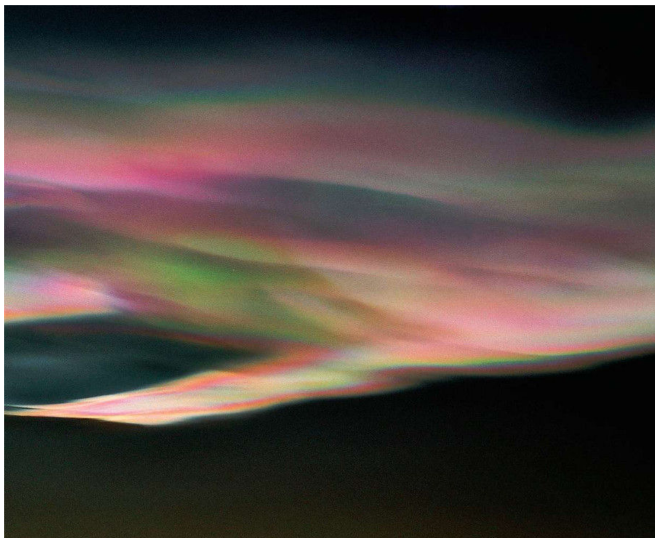
要收集到这些闪烁的晶体，观云者们不是非得去南极洲才行。滑雪胜地的造雪机下风处，也有纯粹的钻石尘，它们能产生壮观的晕现象。

钻石尘的晶体从夜空中掉落时会闪闪发光。



美国宾夕法尼亚州阿波罗上空，格罗弗·施拉耶尔（会员编号14209）摄

贝母云 NACREOUS



挪威霍克松上空，哈康·S.阿蒙森（会员编号14214）摄

由于云彩自身的高度，贝母云能在日落后持续两个小时。

☐ 观测到贝母云	分数：45 + 20 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 任意贝母云……………… 45 分 ☐ 如果看到日落后贝母云不再明亮，颜色也突然消失，可获得加分………………………… 20 分 ☐	**典型高度：**16—32 千米。 **降水：**无。 **易混淆：**对流层更低的云彩上出现的虹彩色。

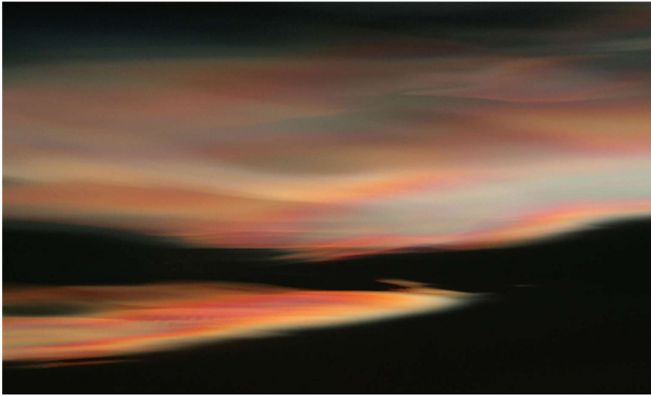
贝母云形成于距地面16—32千米、温度为零下85摄氏度的平流层，当太阳刚刚落下地平线时，云层散射太阳光，就会呈现出美丽、柔和的彩虹色调。

贝母云有时被称为“珠母云”，它们微小且匀称的冰晶非常适合衍射太阳光。小冰晶会将太阳光分解成彩色光带，形成引人注目的虹彩云，这种现象有时在较低的云中也能见到。

由于贝母云常常出现在世界高纬度地区，它们也被称为“极地平流层云”，就像是荚状云的平流层版本。当大气相当稳定时，空气流经其下方地面上的山峰，被向上传送，产生云波，并将水分推到较低的平流层中，就形成了贝母云。冬季温度最低的时候是观看贝母云的最佳时节。

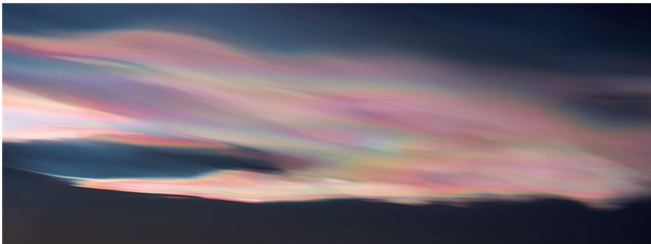
令人遗憾的是，这些最让人惊叹的云对于我们的环境来说也是最具破坏性的。云中微小的冰晶是一种催化剂，能够加速我们已经释放到大气中的氯氟化碳气体对臭氧保护层的破坏。这种云有着如此不俗的美貌，没想到也是个陷阱。

贝母云的色调随着太阳与地平线之间的角度而发生变化。



挪威奥斯陆上空，泰耶·达尔（会员编号7712）摄

贝母云的色调随着太阳与地平线之间的角度而发生变化。



挪威奥斯陆上空，比拉尔·乔杜里（会员编号13266）摄

夜光云 NOCTILUCENT

冰岛南边的大西洋上空，比尔·瓦伦丁（会员编号14211）摄

这张照片拍摄于一架距地面12500米、正在飞行的飞机上，夜光云位于太空的边缘。

□ 观测到夜光云	分数：45 + 20 加到记分卡
日期：……　时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
□ 照片文件：……	
集云分数： 任意夜光云………………45 分 □ 如果在纬度低于 50 度（英国以南，新西兰南端以北）的地方看到夜光云，可获得加分…………20 分 □	**典型高度：**48—80 千米。 **降水：**80 千米之上的高空降水？不会。 **易混淆：**不高于 10 千米的卷层云；这些云在阴影中，而夜光云依然是明亮的。

神秘的夜光云比大气层中所有的云都要高。它也被称为“极地中间层云”，它们有着怪异的蓝白色外观，通常呈现为微妙的涟漪或波浪状。

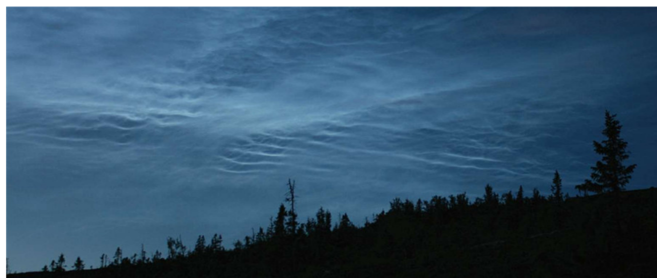
夜光云形成于中间层，距地面48—80千米，这几乎是大气层的最高处了。它们是如此之高，也就意味着在它们最常出现的高纬度地区，即使太阳已经落下地平线，夜光云仍然能够照亮夜空。当天空中其他部分已经黑暗时，夜光云仍然能够捕捉到太阳光。它们的名字来自拉丁语，意思是“在黑夜中闪耀”。

关于夜光云是如何形成的，还没人弄清楚。中间层是一个空气温度可能低至零下125摄氏度，但几乎没有水分的区域。没人知道为什么构成这种云的冰晶在这样一个干燥、偏远的大气层中出现。

历史上，在夏季的几个月，纬度高于50度的地区很容易看到这种云。如今，它们也频繁地出现在世界上更多的地方。有些科学家猜测，这种变化可能与全球变暖有关。

观云者要想收集夜光云，最好是在北半球的5月到8月，南半球11月到3月期间，太阳才要升起或刚刚落下的时候。

从某个角度看，这些涟漪使云彩看上去忽厚忽薄。

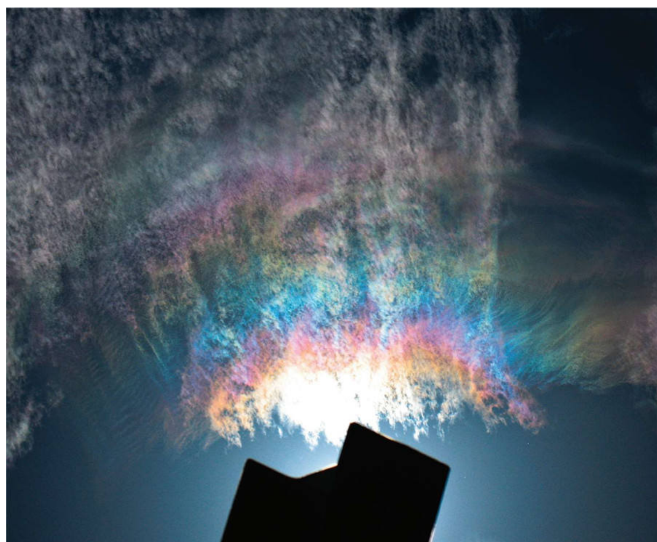


挪威泰夫达伦上空，霍坎·普莱耶尔（会员编号11905）摄

云的光学现象：

虹彩云 IRIDESCENCE

液滴或冰晶产生的光学现象



西澳大利亚州珀斯上空，戴恩·热内克（会员编号9224）摄

虹彩云能通过冰晶产生，就像这片卷积云一样。

☐ 观测到虹彩云	分数：20 + 10 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 在除贝母云之外的任意云彩中看到虹彩云 ..... 20 分 ☐ 如果看到一片云呈现出多彩的内里，可获得加分........... 10 分 ☐	**见于：**薄的层积云、高层云、高积云、卷积云、荚状云和幞状云边缘。 **易混淆：**宝光。

虹彩云是当太阳光或月光穿过薄云时呈现出的柔和彩带般的美丽效果。这些珠母色也被称为虹彩色，它们是由穿过云层的光线发生衍射引起的。在太阳或月亮周围有时会有彩色光盘，叫作华，虹彩云的形成过程与华一样。当光波从云中的微小液滴或冰晶旁经过时，光波被分散开来，不同波长的光展开的角度不同。每个波长都可以产生明暗相间的干涉图案。这意味着太阳光被分成了不同颜色的条纹。

任何薄云，如果其中包含的液滴或冰晶很小且很均匀，就能产生虹彩色。我们最好借助太阳眼镜来进行观看，色调柔和的彩带让人联想到油画上的色彩，它们可以在薄薄的层积云、高积云、卷积云和高层云中看到。平流层中的贝母云比大多数云彩都高，也呈现出最强烈的虹彩色。

如果云彩很厚，遮挡住了大部分太阳光，我们也可以在其边缘看到彩色，例如在荚状云上。因此，说每一片云都有银边是不对的——有些云的边缘有着各种各样的色彩。

高积云和幞状云中的液滴所形成的虹彩云。

意大利卡马尼奥拉上空，恩里科·佩诺拉兹（会员编号14204）摄

高积云和幞状云中的液滴所形成的虹彩云。

印度泰米尔纳德邦奥罗维尔上空，赵泓奎（会员编号11526）摄

华 CORONA

液滴或冰晶产生的光学现象

美国北卡罗来纳州上空，艾丽·萨米（会员编号10641）摄

华的宽度取决于云彩之中液滴的尺寸。

□ 观测到华	分数：20 + 15 加到记分卡
日期：……………… 时间：………………	
地点：………………	
天气条件：………………	
□ 照片文件：………………	
集云分数： 任意华……………… 20 分 □ 如果云彩的颜色很明显，能够从中分出多层华环，可获得加分………………15 分 □	**见于：**薄的层积云，层云，高层云，高积云，卷层云，卷积云。 **易混淆：**宝光。

当太阳透过薄云闪耀的时候，你可能会在太阳周围发现华。它是蓝白色的明亮圆盘，外边缘红润，周围环绕着一圈一圈的虹彩色。观云者要小心保护眼睛，观看时可以用一只手遮挡一下太阳。云彩在皓月前飘移时，也可以产生华，而且不会对人眼有那么大伤害。

华与虹彩云相关，它是光线在云中颗粒周围发生衍射形成的。只有当颗粒很小且云层很薄的时候，华的颜色才会在中央明亮的圆盘周围变得明显。云滴越小，华越大。

观云者要注意，不要将华与22度晕弄混淆。华不仅更小（外边缘与太阳或月亮之间的距离通常小于5度——伸出胳膊，大约三根手指的宽度），而且华还有一个明亮的中心圆盘，或者叫“光轮”，而晕只是一个光环。也不要把它们与宝光混淆，宝光通常出现在背朝太阳的方向。

当汽车玻璃由于水汽凝结而起雾，我们透过挡风玻璃也能在汽车头灯周围看到华。如果有谁看到这种现象也给自己的集云分数加分的话，那就属于自欺欺人了。

太阳和月亮周围的卷层云形成的华。

澳大利亚新南威尔士州香农市场上空，梅根·杰克（会员编号13764）摄

太阳和月亮周围的卷层云形成的华。

美国威斯康星州格林湾上空，佩格·曾科（会员编号1527）摄

曙暮光条 CREPUSCULAR RAYS

液滴产生的光学现象

希腊莱夫卡斯岛西海岸上空，安杰拉·克拉格斯（会员编号4522）摄

当曙暮光条透过层积云中的云洞照射出来，会形成“雅各布天梯”。

☐ 观测到曙暮光条	分数：25 + 20 加到记分卡
日期：……………… 时间：………………	
地点：………………	
天气条件：………………	
☐ 照片文件：………………	
集云分数： 任意曙暮光条……………25 分 ☐ 在对面天空与太阳相反的一点上，如果看到辐射出相对来说更不明显的反曙暮光条，可获得加分……… ……………………………20 分 ☐	**见于：**（典型的）积云和层积云，水、尘埃和花粉颗粒散射太阳光，映照出立体的云影。

即使不知道曙暮光条的名字，大多数的观云者也有很多机会在“云的光学现象”收集栏中加入曙暮光条的记录。它们是我们熟悉的阳光，看上去是从积云后面发射出来，或者从层积云的云洞中照射下来。

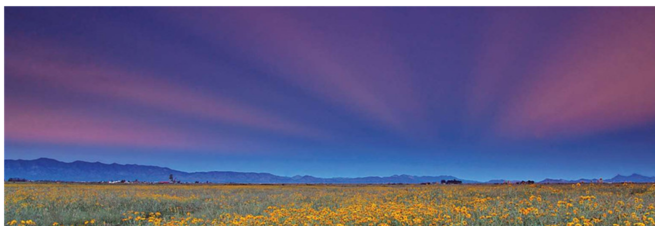
如果微小的大气颗粒太少，不足以呈现为云，却足以散射太阳光的话，就会把光的路径显现出来，这就是曙暮光条。就像用手指挡住手电筒光一样，云彩的影子会映衬出光线的边缘。光线本身虽然是平行的，但是看上去却像是从云彩后面的某一点发射出来的。这与铁路轨道的原理一样，看起来铁轨离我们越近就变得越宽，实际上却是透视效应造成的。

不管什么时候，只要你看到了来自低角度太阳的曙暮光条，就注意一下反方向的地平线，找找不太明显的“反曙暮光条”。它们出现在和太阳正对的位置，是由你身后的云彩所造成的阴影，就像在尘土飞扬的电影院里出现在你身后的某个人的影子一样。透视效应使光线看起来在远处某一点汇聚。极少有人注意过反曙暮光条，当然，那些狂热的观云者除外，他们渴求反曙暮光条，就像吸血鬼巴望着夜晚的到来。

光线从积云后面呈扇形铺开。

苏格兰格伦科短山上空，约翰·麦克弗森（会员编号10564）摄

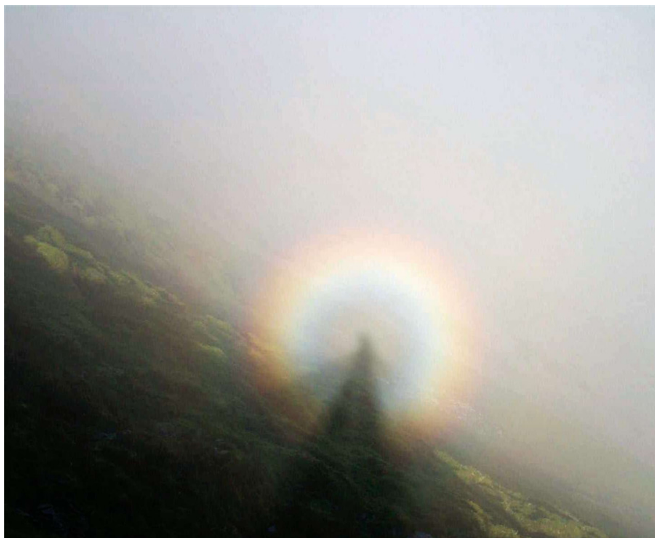
反曙暮光条。



美国亚利桑那州硫磺温泉谷上空，约翰·安斯利（会员编号14212）摄

宝光 GLORY

液滴 产生的光学现象



英国坎布里亚郡格里斯戴尔峰上空，戴夫·牛顿（会员编号14062）摄

布罗肯幽灵”是由你自己的影子形成的幽灵幻影。

☐ 观测到宝光	分数：30 + 20 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 任意宝光…………30分 ☐ 当你努力爬到山上去看“布罗肯幽灵”（上图），可获得加分…………20分 ☐	**见于：**层云，高积云，高层云，雾。 **易混淆：**华，它们颜色类似，只是华是在太阳周围，而不是在你的影子周围。

观云者必须要去一些高的地方，才能在“云的光学现象”这一栏中加入宝光的记录，因为这种引人注目的现象只有在太阳正位于你身后、将你的影子投射到云层上时才能看到。宝光看上去像是影子周围的一系列彩虹环，尽管我们还没能完全了解其中精确的光学，但它确实是云滴反射、折射和衍射太阳光形成的。

观看宝光最简单的地方之一是观云的绝佳位置——飞机窗口。宝光有时会出现在飞机的影子周围，在附近的云层或雾中投射出彩色。当云有点远时，阴影就看不到了，你只能看到彩色的圆环。

如果看到最奇怪的宝光——“布罗肯幽灵”，可以获得加分。当你站在山脊上观看云彩时，你自己的影子周围会产生彩色圆环。透视效应会使你影子里腿的部分延伸出去，并带着一个多彩的光环，它看上去就像20世纪70年代的幽灵。

穿过低空云彩飞行的滑翔机的影子周围产生了宝光。

澳大利亚新南威尔士州悉尼附近海岸上空，罗伯特·赛考德（会员编号14208）摄

站在桥上透过雾看到的宝光。

美国旧金山金门大桥上，米拉·津科娃（会员编号11067）摄

彩虹 RAINBOW

泰国曼谷上空，西提维·桑提坎（会员编号12381）摄

最好的彩虹是由直径为几毫米的大液滴形成的。

□ 观测到彩虹	分数：15 + 15 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
□ 照片文件：…………	
集云分数： 任意彩虹 ………… 15 分 □ 如果看到了霓，并在霓和虹之间看到了亚历山大暗带，可获得加分 ………… 15 分 □	**见于：**有太阳时的任意降雨——通常是来自浓积和积雨云。 **易混淆：**环天顶弧，晕现象。

我们都喜欢彩虹，但别指望看到了彩虹就能使集云分数大大提高。它们太容易见到了。讽刺的是，彩虹平均每年出现10次[2]，实际上这个频率比晕现象要低得多，但大多数人却从没注意过晕。

要想看到彩虹，就需要背对太阳观看降雨，太阳的高度不能高于地平线上42度。[3]太阳光穿过每个水滴，又从水滴背面的内表面反射出来，太阳光入射和出射的过程中发生了折射。组成太阳光的不同组分波长不同，被弯曲的程度也不一样，于是太阳光被分解成各种颜色。对流云是产生彩虹的最佳选择，因为它们更有可能在天空晴朗时产生阵雨，从而使阳光直射在液滴上。

主虹、霓、附属虹和亚历山大暗带。

上图：美国怀俄明州大蒂顿国家公园上空，阿兰·拉索（会员编号3233）摄

主虹、霓、附属虹和亚历山大暗带。

中图：英国萨默塞特郡上空，伊恩·戈达尔（会员编号14218）摄

太阳很高的时候，只能看到彩虹的顶部。

下图：英国康沃尔郡法尔茅斯迈勒港上空，琳达·贝内特（会员编号3270）摄

除了主虹之外，还会出现一条更大但颜色更淡的虹，也叫作霓，两者之间较暗的天空被称为“亚历山大暗带”。在主虹内部，有时会有一些淡淡的彩色条纹，我们称之为“附属虹”。

云虹 CLOUD BOW

液滴产生的光学现象

西班牙加那利群岛特内里费岛附近，斯特凡·宾内维斯和约瑟夫·波塞尔（会员编号14206、14207）摄

云虹经常和宝光（图片右下角）同时出现。

☐ 观测到云虹或雾虹	分数：35 + 5 加到记分卡
日期：…… 时间：……	
地点：……	
天气条件：……	
☐ 照片文件：……	
集云分数： 任意云虹或雾虹………… 35 分 ☐ 如果你能说服别人，使他相信云虹是逝去彩虹的鬼魂，可获得加分……………………………… 5 分 ☐	**见于：**层云，层积云，高积云，高层云，雾或霭。 **易混淆：**彩虹，宝光。

云虹很像彩虹，但颜色更浅。事实上，它们往往不会呈现出任何可辨别的颜色，看起来就像白化的彩虹，或是彩虹的鬼魂经过。较大的雨滴反射、折射太阳光会产生彩虹，而低云族和中云族中的微小水滴反射和折射太阳光，就会产生云虹。

要看到云虹，你必须寻找这样的云滴：太阳正从你的视线后方照射到云滴上。这样的视角只有在云彩上方才有，这就是为什么通常从飞机或山顶上更容易看到云虹。这和要看到你影子周围的彩色圆环——宝光是一样的条件。所以，如果你看到了二者（云虹和宝光）中的一种，就试试去寻找另一种吧。

观云者如果不想去高空，只是在地面收集白色彩虹，那应该试着找寻“雾虹”。雾虹和云虹几乎一样，只是出现在雾或霭中。

云虹/雾虹颜色苍白或缺色，是因为直径小于0.1毫米的云滴会比较大的雨滴更有效地衍射太阳光，于是形成的颜色会发生重叠，而不像彩虹那样颜色丰富。

当太阳光照射着薄薄的雾或霭时，找一找雾虹。

澳大利亚塔斯马尼亚州巴斯海峡金岛上空，尼克·洛维邦德（会员编号6851）摄

22度晕 22° HALO

冰晶产生的晕现象

新西兰奥克兰上空，伊丽莎白·威廉姆斯（会员编号14213）摄

卷层云中数不清的冰晶闪闪发亮，形成22度晕。

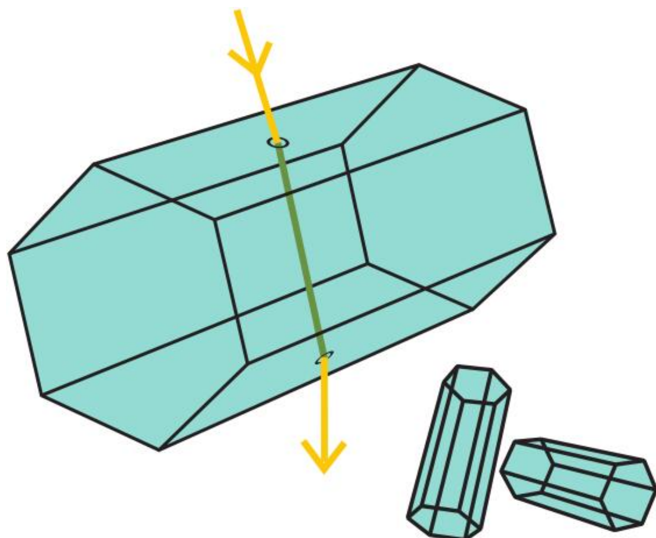
☐ 观测到22度晕	分数：25 + 20 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 任意 22 度晕……………… 25 分 ☐ 月晕会出现于满月周围，但通常很暗，看不出颜色。如果看到月亮的 22 度晕，可获得加分…… 20 分 ☐	**见于：**卷层云，卷云，卷积云，钻石尘。 **易混淆：**华产生的更小的彩色圆盘。

22度晕是各种晕现象中最为常见的，当太阳光折射高云族云彩［如卷云、卷层云和卷积云］中的冰晶，或地面冰晶云——钻石尘时，会出现22度晕。22度晕在一年当中出现的天数大约为100天[4]，它看起来像是围绕太阳或月亮的一个大圆环。它的内边缘通常有淡红色的色调，晕和太阳之间的天空区域，比晕圈外的天空颜色更暗一些。当云层范围不够大时，我们只能看到晕的一部分。

22度晕的内边缘通常呈现为淡红色的色调。

泰国班武里府上空，西提维·桑提坎（会员编号12381）摄

观云者第一次看到22度晕时会惊喜地发现，它们比照片中看上去更大（要想拍出合适的照片，用广角镜头最合适）。从太阳或月亮到晕圈边缘的距离，相当于伸出手臂时一只手张开的宽度。



当云中的冰晶为六角形棱柱时，会形成22度晕。冰晶朝着不同的方向滚动，它们折射阳光的最大角度是22度。它们组合在一起形成一个闪耀的明亮光环，环绕在太阳周围。对于观察者来说，太阳与晕圈之间的角度是22度。

虽然22度晕值25个集云分值，但它不宜用肉眼直接观看。

幻日 SUNDOGS

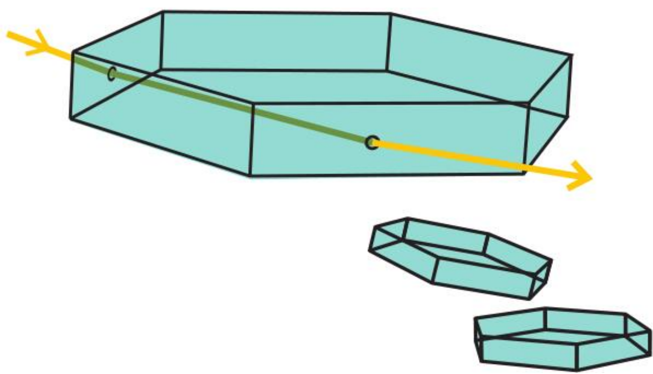
冰晶产生的晕现象

英国约克郡谢菲尔德上空，斯图尔特·麦克维蒂（会员编号13351）摄

幻日有着面朝太阳的红边和背离太阳的蓝白色拖尾。

□ 观测到幻日	分数：20 + 15 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
□ 照片文件：…………	
集云分数： 一个幻日 ………… 20 分 □ 如果同时看到太阳两侧的幻日，可获得加分 ………… 15 分 □	**见于：**卷层云，卷云，卷积云，钻石尘，航迹云。 **太阳高度：**与地平线之间的角度小于 40 度。

幻日也被称为“假日”，是太阳的一侧或两侧出现的大光点，高度与太阳齐平。这种晕现象的出现频率仅次于22度晕，每年当中出现的天数约为70天。[5]幻日形成于太阳光通过薄薄的高云族云彩时发生的冰晶折射，例如卷云、卷层云和卷积云，或者是那些地面冰晶云——钻石尘。两个光点与太阳的距离相当于伸出手臂时一只手张开的宽度。当太阳位置较低时，幻日最明亮；幻日只在太阳与地平线之间的角度小于40度时才可见。如果云彩没在天空中的合适位置上，那么只会出现一个幻日。

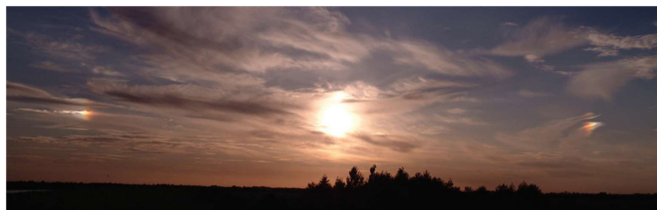


当云中冰晶的形状像六角形板并几乎呈水平方向（就像掉落的叶子）时，就会出现幻日。当太阳在天空中的位置非常低的时候，冰晶将会以22度角折射大部分光线，它们共同作用的结果就是在太阳的两侧呈现出两个明亮的光点，这就是观测者看到的幻日。

观云者应该学会识别什么样的天空容易产生幻日以及其他晕现

象。如果蓝色的天空中出现冰晶云，看去有点灰白，像是蒙着一层面纱，那就可以找寻一下光学现象。[6]如果连闲人都能一眼注意到天空很白，那么说明云层很厚，看不到幻日。

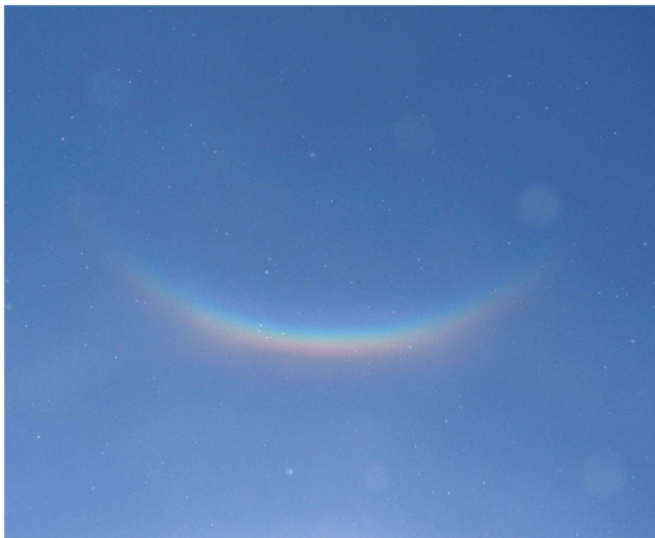
幻日总是出现在和太阳同样的高度上。



英国林肯郡波士顿码头上空，奈杰尔·库尼汉（会员编号8777）摄幻日总是出现在和太阳同样的高度上。

环天顶弧 CIRCUMZENITHAL ARC

冰晶产生的晕现象



奥地利伊施格尔上空，约翰·佩特森（会员编号12531）摄

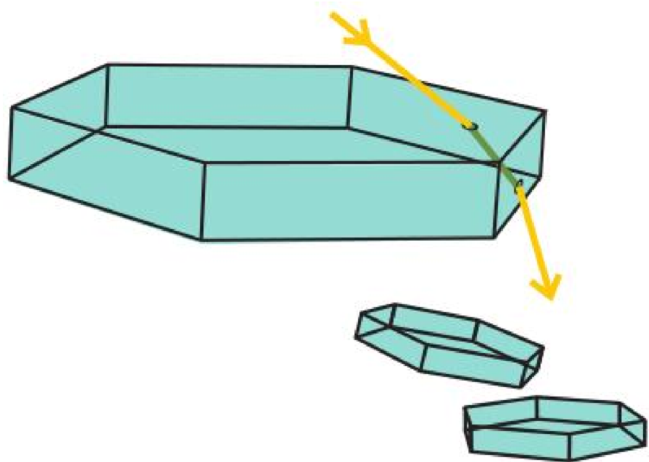
这是一段高挂在天空中的环天顶弧，是由钻石尘形成的。

☐ 观测到环天顶弧	分数：45 + 25 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 任意环天顶弧……………45 分 ☐ 如果看到环天顶弧与幻日同时出现，可获得加分……………25 分 ☐	**见于：**卷层云，卷云，卷积云，钻石尘。 **太阳高度：**与地平线之间的角度小于 30 度，在 22 度时最好。

环天顶弧是一种晕现象，看上去就像天空中的彩色笑脸。它的照片乍一看去好像是有人傻乎乎地把彩虹的照片给拿倒了，但实际上这段彩色的弧与彩虹在天空中出现的位置完全不同。环天顶弧一年中出现的次数为25次左右[7]，它形成于高空中，就像环绕天顶的彩色圆环当中最靠近太阳的那一部分。

卷云中的冰晶似乎发现了一些值得微笑的东西。

不管什么时候，当你注意到太阳两旁有两个光斑，也就是所谓的幻日，记得抬头朝头顶看看[8]，你可能会在你的云彩光学现象收集记录里增加这种最美丽的晕现象之一，因为环天顶弧和幻日都是由相同的冰晶产生的。环天顶弧出现在太阳光被薄薄的高云族云彩［例如卷云、卷层云和卷积云的冰晶或地面冰晶云——钻石尘折射的时候。



当云中冰晶的形状像六角形板并或多或少呈水平方向（就像秋天的落叶）排列时，就会出现环天顶弧。当太阳光从晶体的顶部照射下来，并从侧面出射，颜色就会被分解，组合出的闪光呈现为一段弧形。

日柱 SUN PILLARS

冰晶产生的晕现象

美国艾奥瓦州上空，安杰拉·巴特尔（会员编号10568）摄

最好的日柱就出现在太阳刚刚落下地平线之后。

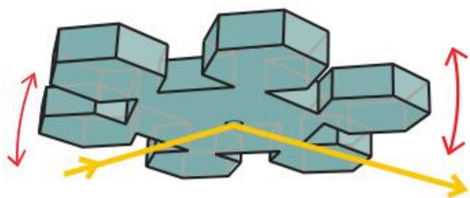
☐ 观测到日柱	分数：35 + 10 加到记分卡
日期：………… 时间：…………	
地点：…………	
天气条件：…………	
☐ 照片文件：…………	
集云分数： 任意日柱或月柱………… 35分 ☐ 如果从飞机上看到太阳下方的日柱，还有一个叫作下映日的亮斑，可获得加分………… 10分 ☐	**见于：**卷层云，卷云，卷积云，钻石尘。 **太阳高度：**太阳与地平线之间的角度小于5度；当太阳低于地平线2度的时候最清楚。

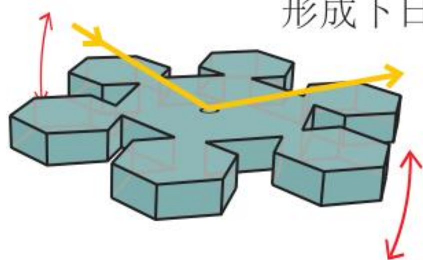
当低空的太阳照射过冰晶云时，太阳的上方和下方会出现一道竖直的光条，这就是日柱，这些冰晶云有卷云、卷层云和卷积云，或者是地面冰晶云——钻石尘。出现于夜间的光柱，叫作“月柱”。

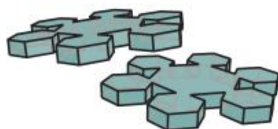
这种晕现象一年当中出现的天数大约为25天[9]，它是由于太阳光在冰晶表面发生反射而形成的。日柱近似于海面上闪烁的涟漪形成的闪闪发光的路径。当太阳刚刚落下地平线时，太阳上方延伸出去的日柱最为明亮。

就像许多晕现象能在月亮周围看见一样，在满月的月光下也可以看到月柱。

美国威斯康星州格林湾上空，佩格·曾科（会员编号1527）摄







当太阳光在云中冰晶的表面上发生反射，会形成日柱。要出现高高的日柱的话，需要冰晶在下落的过程中在水平轴线上摆动或旋转。

当云中晶体从光学上来说非常纯净、形状规则、排列工整时，大多数晕现象最好看[10]，但对日柱来说却不是这样。光线只当太阳光在云中冰晶的表面上发生反射，需要从一个表面上擦过就行，所以晶体可以粗糙，不规则，甚至乱七八糟的。此时云中晶体不是很适于形成那些精细的光弧、光环或光斑，所以说日柱是晕家族中的糙爷们。

专有名词

不使用专有名词的话，有时很难把云彩解释清楚。云彩条目中用到的专有名词用黑体字标示，下面给出具体释义。释义中提到的其他专有名词也以黑体显示。

附属云：形成于一种主要的云彩类型附近，有时还会与主要的云彩类型发生合并。

小云块：铺展开的云层要么是平滑的、连续的，要么是由可分辨的团块组成的。这些团块可以结合在一起，也可以是分离的，这就是小云块。

云族：为了对云彩进行分类，气象学家将对流层划分为三个高度（与三个云族相对应）：低层天空（对应于低云族）、中层天空（对应于中云族）和高层天空（对应于高云族）。云彩属于哪一层主要看云底的典型高度在什么范围。

凝结核：飘浮在大气中为数众多的微粒，当尺寸和形状合适时，它们可以充当水蒸气启动凝结、形成云滴的“种子”。凝结核的尺寸只有几千分之一毫米，可以是（来自大海的）盐颗粒、（矿物、死去的植物的）尘埃、灰烬或人造污染物的颗粒。

对流云：由上升的对流气流形成的云。气流随着上升而不断膨胀，充分冷却之后，其中的一部分水蒸气会凝结成云滴。

对流气流：空气由于被加热（或冷却）而升高（或下沉），因此变得比周围空气更松散（或更致密）。举例来说，当太阳烘烤着地面，空气受热向上飘浮，会形成一股上升的热气流。

衍射：光波穿过诸如云滴或冰晶之类的小障碍物时，会发生衍射。不同波长的光被分散开的角度也不相同，如果云中的微粒尺寸均匀，每个波长上都可以产生明暗相间的干涉条纹。…结果就会形成不同颜色的光带。

云属：云的十种主要分类。某片云彩每次只能属于一个属。

晕现象：光线通过冰晶云时会发生反射和折射，产生的光学效应就是晕现象。如果晶体从光学上说比较纯净且形态规则，它们就会充当微小的棱镜，使光线发生弯折并分散开。那些与太阳呈特定角度的冰晶，相对来说更容易向观察者闪耀亮光。这些亮光组合在一起，会在天空中形成白色或彩色的光弧、光环和光斑。

冰核：特定的空气悬浮粒子会充当液态云滴启动冻结、形成冰晶的“种子”。虽然通常来说到处都是凝结核，但能结冰的却很少。如果没有冰核，液滴的温度就算降到零下40摄氏度左右也还是维持在“过冷状态”。也正是因为缺少合适的冰核，很多云彩在低于0摄氏度的时候还是处于过冷液滴的状态。

中间层：平流层上方的大气层区域，高度范围为48—80千米以上。这是大气层中最冷的部分，这里的气温会降至零下125摄氏度，地球上最高的云就位于这里。

多单体风暴：一种雷暴，其中同时有不止一个单体风暴活跃。每个单体都是一个包含上升和下降气流的系统，它们组合在一起形成一个大的积雨云结构。当云底的大气为单体风暴的纵向生长提供补给，就会触发另一个单体在风暴的前面形成，看上去呈现为一座上升的云塔。虽然比起超级单体风暴来说不太协调，但这些连续的单体可以使风暴持续好几个小时。

折射：当光线在空气和云中的水滴或冰晶之间通过时，光线会改变方向。由于不同波长的光被弯折的程度不同，所以通常会导致太阳光分离成其组分颜色。

平流层：对流层以上、中间层以下的大气区域，高度范围为19—48千米。平流层与地表附近的湍流气流被一个逆温层隔开，这个逆温层就是对流层顶。平流层中的云仅有贝母云和巨大的积雨云顶部。

超级单体风暴：一个非常大的、猛烈且持续的雷暴，由积雨云的自组织结构组成。为了维持云彩的结构，风暴的上升和下降趋势变得协调一致，这通常会持续数小时且跨越很长的距离。超级单体风暴可以产生强风、频繁的闪电、暴雨、大冰雹和龙卷风。

过冷液滴：即使温度低于0摄氏度，仍旧不发生冻结的液滴。高积云等中云族云彩中的液滴常常是过冷液滴。除非有充足的冰核促使冻结发生，否则水能在低至零下40摄氏度的温度下仍旧保持为液滴形态。

附属特征：这些特征附属于某一种主要的云彩类型，或者说某一个云属。

逆温：通常来说，在对流层中上升得越高，大气越冷。但在一定海拔范围内，温度会发生反转，不再下降，或者说温度实际上随着高度的增加而升高。这就好像温度曲线遇到了一个“热天花板”，云层不再垂直生长。温度反转可以在对流层的任何高度发生，其顶部被定义为对流层顶。这也是大型积雨云不再向上发展而是呈现为砧状的原因。

对流层顶：标志着对流层和平流层之间界线的逆温层。

对流层：大气层的下部区域，在中纬度地区的高度约为13千米，在热带地区较高，极地地区较低。这是形成地球上不同天气的湍流区。几乎所有的云都在对流层内形成，只有两个例外，分别是贝母云和夜光云。

不稳定空气：由于温度随高度变化而不同，这片大气区域中的气块在位置发生变化之后仍会继续保持向上或向下的运动趋势。

云的变种：运用可视特征对云彩进行分类的方法。任何云彩都可以同时有好几种视觉特征，因此可以同时属于多个变种。有关所有云彩的正式分类表。

水蒸气：水的气态形式。当这种看不见的气体（空气中最多变的组分之一）形成液滴或固体冰晶时，就会出现云，这时我们就能看见它了。

作者简介

加文·普雷特—平尼

Gavin Pretor-Pinney

毕业于牛津大学和中央圣马丁艺术与设计学院，英国作家，曾与友人共同创办《懒人杂志》。2004年创立赏云协会，经该协会多年努力，糙面云得到了正式命名，并被世界气象组织录入《世界云图》。他因《观浪者指南》而荣获皇家学会温顿科学图书奖，另外著有《宇宙的答案云知道》《尤克里里手册》等作品。

译者简介

王燕平

北京师范大学天体物理硕士毕业，现就职于北京天文馆，副研究员。业余从事大气现象摄影观察记录多年，合著有《云与大气现象》《尊贵的雪花》等气象类科普图书，以及《星空帝国：中国古代星宿揭秘》等天文类作品，合译有《DK宇宙大百科》《雪花的答案》等图书。

张超

北京师范大学天体物理硕士毕业，现就职于中国科学院国家天文台《中国国家天文》杂志社，专职从事科普工作。新华社签约摄影师。代表作品有《荒野传奇》《娱乐也科学》《云与大气现象》《尊贵的雪花》《风吹电来》等科普著作。

注释

前言

[1]英国人注重帽子文化，不同场合佩戴的帽子也不一样，户外婚礼上婆婆的帽子要有帽檐和装饰且材质上乘。——译注

[2]所有的晕和其他光学现象的出现频率都是基于德国“大气现象工作小组”在1986—2004年间编制的观测结果得出的，该组织网址为www.meteoros.de。

[3]除非你是在一座高高的建筑里俯视。

[4]所有的晕和其他光学现象的出现频率都是基于德国“大气现象工作小组”在1986—2004年间编制的观测结果得出的，该组织网址为www.meteoros.de。

[5]所有的晕和其他光学现象的出现频率都是基于德国“大气现象工作小组”在1986—2004年间编制的观测结果得出的，该组织网址为www.meteoros.de。

[6]产生晕现象的冰晶云能挡住的太阳光非常少。观看晕现象的时候一定要将双眼防护好。最好是站在有建筑物、树木或附近有长颈鹿的地方，它们能遮挡住太阳。用单反相机拍摄晕现象的时候一定要多加小心，因为取景器会增加视网膜被直射光损坏的风险。

[7]所有的晕和其他光学现象的出现频率都是基于德国“大气现象工作小组”在1986—2004年间编制的观测结果得出的，该组织网址为www.meteoros.de。

[8]产生晕现象的冰晶云能挡住的太阳光非常少。观看晕现象的时候一定要将双眼防护好。最好是站在有建筑物、树木或附近有长颈鹿的地方，它们能遮挡住太阳。用单反相机拍摄晕现象的时候一定要多加小心，因为取景器会增加视网膜被直射光损坏的风险。

[9]所有的晕和其他光学现象的出现频率都是基于德国“大气现象工作小组”在1986—2004年间编制的观测结果得出的，该组织网址为www.meteoros.de。

[10]产生晕现象的冰晶云能挡住的太阳光非常少。观看晕现象的时候一定要将双眼防护好。最好是站在有建筑物、树木或附近有长颈鹿的地方，它们能遮挡住太阳。用单反相机拍摄晕现象的时候一定要多加小心，因为取景器会增加视网膜被直射光损坏的风险。

水的密码

How to Read Water

Clues, Signs and Patterns from Puddles to the Sea

[英国]特里斯坦·古利
许丹 译

倘若世上真有魔法
它一定隐藏在水中

包含700个与水有关的现象
一本从池塘里看见太平洋的奇妙指南
一趟趣味无穷的探索之旅

北京大学教授
博物学文化倡导者
刘华杰
诚意推荐

《星期日泰晤士报》
年度图书

《福布斯》年度
十大环保图书

译林出版社

版权信息

How to Read Water: Clues, Signs and Patterns from Puddles
to the Sea by Tristan Gooley and illustrations by Neil Gower
Copyright © 2016 by Tristan Gooley
This edition arranged with The Sophie Hicks Agency Ltd.
through Big Apple Agency, Inc., Labuan, Malaysia.
Simplified Chinese edition copyright © 2019 by Yilin Press, Ltd
All rights reserved.
著作权合同登记号　图字：10-2016-543 号

书名　水的密码

作者　【英】特里斯坦·古利

译者　许丹

责任编辑　杨欣露

出版发行　译林出版社

ISBN　9787544777957

关注我们的微博：@译林出版社

关注我们的微信：yilinpress

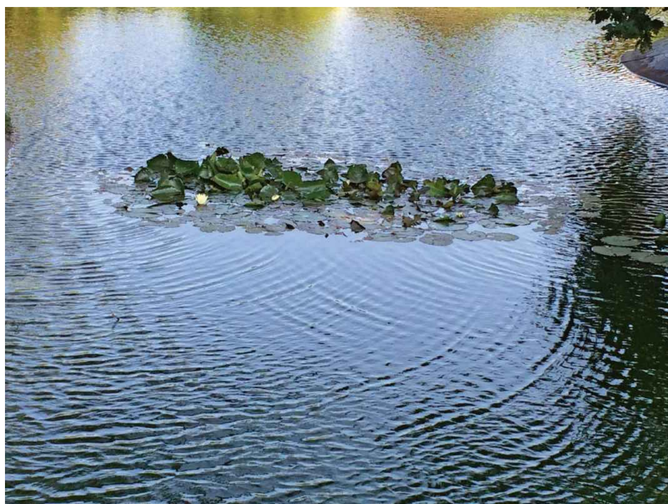
意见反馈：@你好小巴鱼

目录
CONTENTS

彩插
第一章 陌生的开始：引言
第二章 扬帆起航
第三章 如何在池塘中看见太平洋
第四章 陆上涟漪
第五章 不那么卑微的水坑
第六章 河流与溪水
第七章 上浮
第八章 湖泊
第九章 水的颜色
第十章 光与水
第十一章 水的声音
第十二章 解读波浪
第十三章 阿曼欣喜之旅：幕间曲
第十四章 海岸
第十五章 海滩
第十六章 水流与潮汐
第十七章 夜间之水
第十八章 观船
第十九章 罕见与非凡
第二十章 未知水域：结语
来源、注释与延伸阅读
参考书目
致谢
注释

彩插

一座小沙岛周围的涟漪地图……

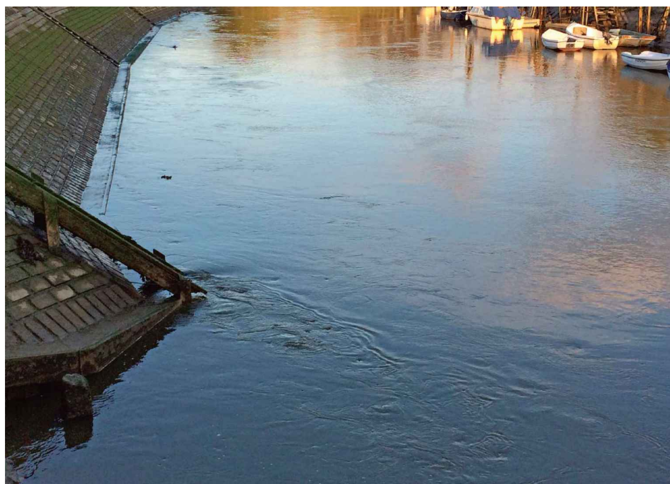


……以及睡莲周围形成的涟漪地图。

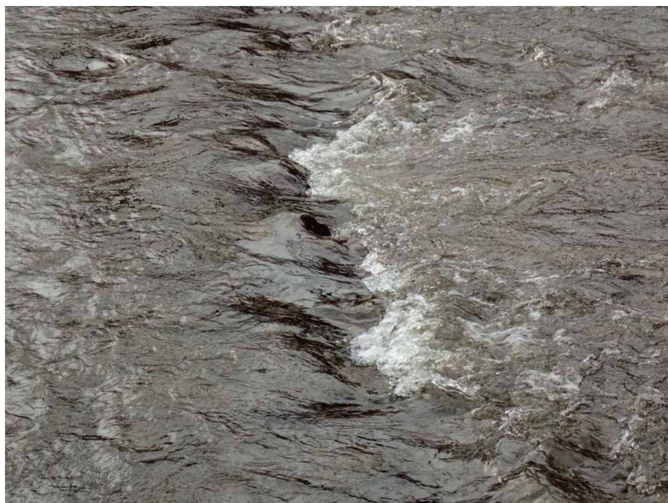
注意那些在湿地中繁茂生长的植物，比如这些柔软的灯心草……

……使我们很容易发现下面隐藏的水。

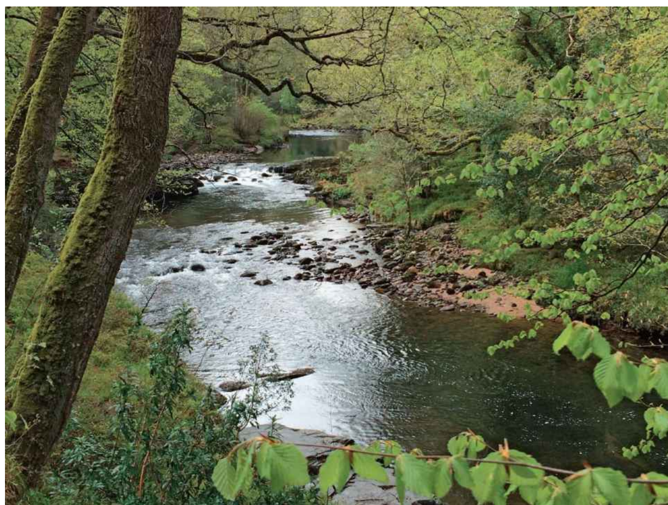
浮萍的生长说明下面的水流动缓慢且富含营养物质，而营养物质通常来自水禽与附近的农场。



水在流经任何突出物时都会形成旋水，即使在流动非常缓慢时也是如此。

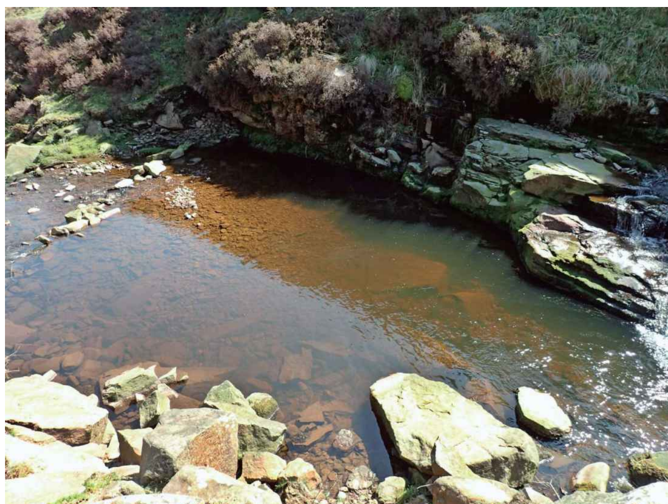


许多微小的“水枕”和“水洞”。

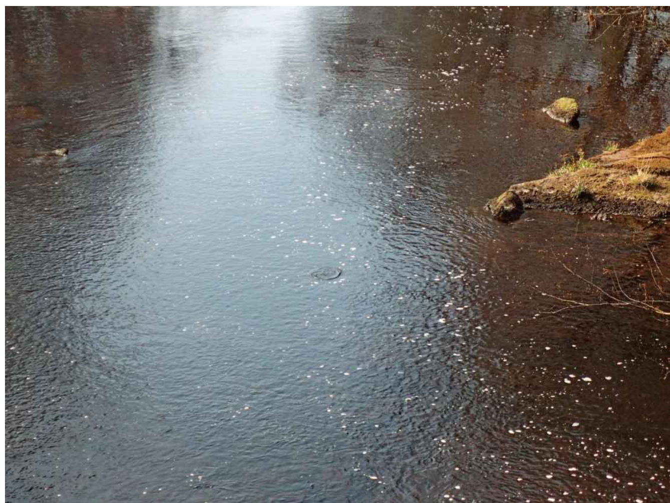


德文郡达特河上的浅滩与水潭。

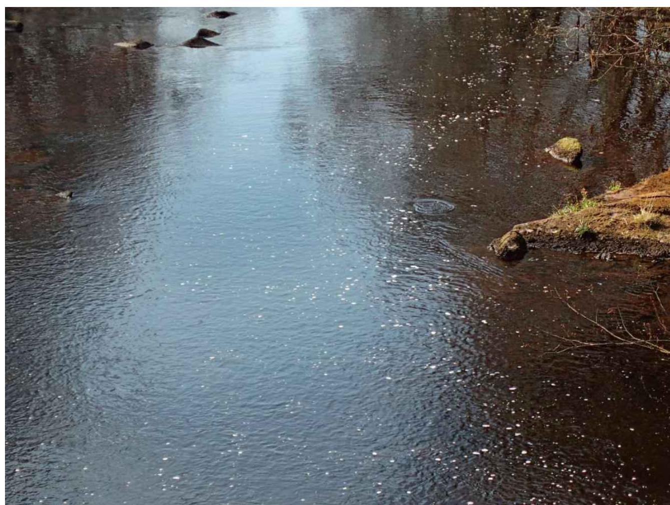
舌石蛾（Agapetus fuscipes）幼虫的存在说明此处水质极好，在过去的一年里没有受过污染，也没有干涸。



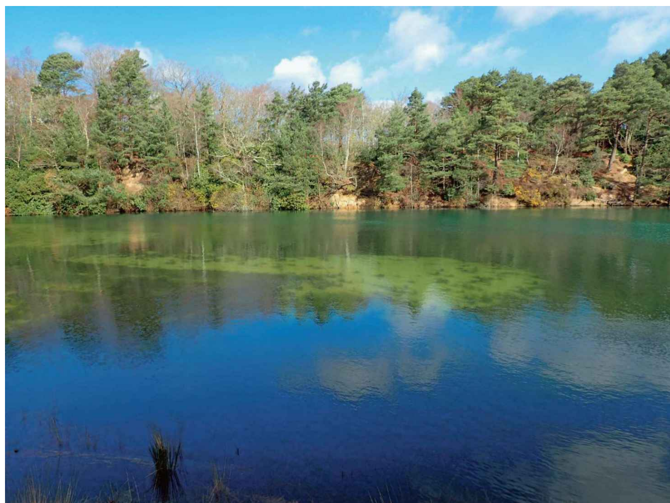
小溪远处的一处背阴凹槽。鳟鱼有可能藏身此处。



“亲吻”或“轻啜”上浮

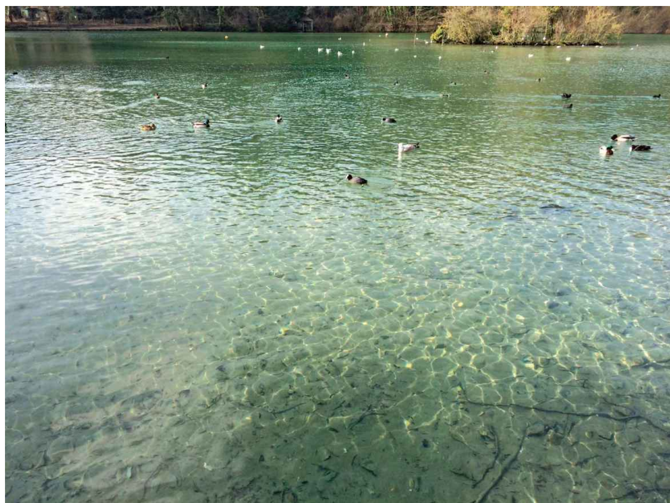


“肾形”上浮

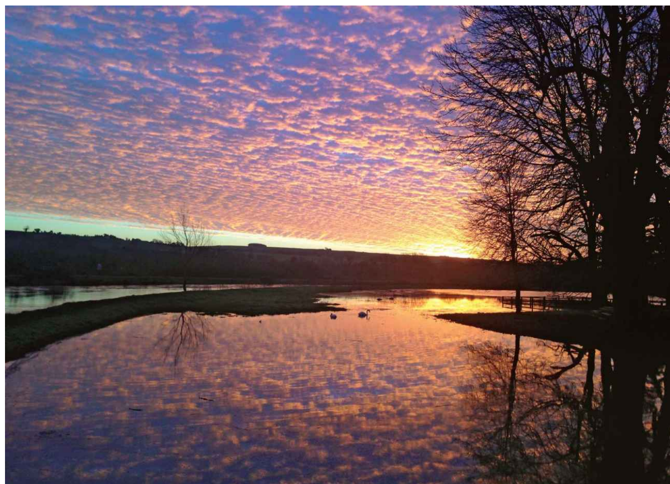


我们在水中看到的颜色取决于光照的明亮度与角度，水深，还有水上、水中、水下的情形。

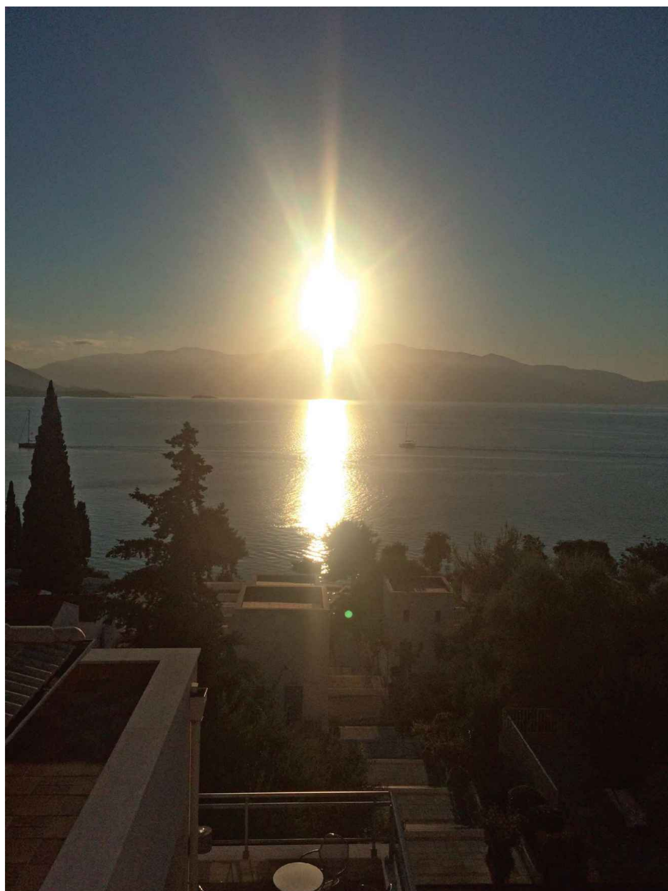
深色的酸性土壤通常会蓄起清澈的贫营养水。



视线角度以及光的反射决定了我们能否看见水下的东西。轻柔晃动的水相当于一个透镜，在湖底形成不同的图案。



倒影看上去要比实物暗一些。图中同样还呈现了轻微的“鸭屁股”效应。



希腊莱夫卡扎附近的闪光路径。路过船只留下的“静止伴流”将海水抚平，使路径变窄了一些。

多塞特“蓝色水潭”上的“猫爪”。

绕射波和折射波使得波浪在查普曼池呈扇形展开。同样还出现了有趣的海面颜色变化，包括云的影子。

在阿曼的一道防波堤后，三角帆船“沙米利亚号”正等待风暴过去。

非对称沙纹。本图中海水从右向左流过。

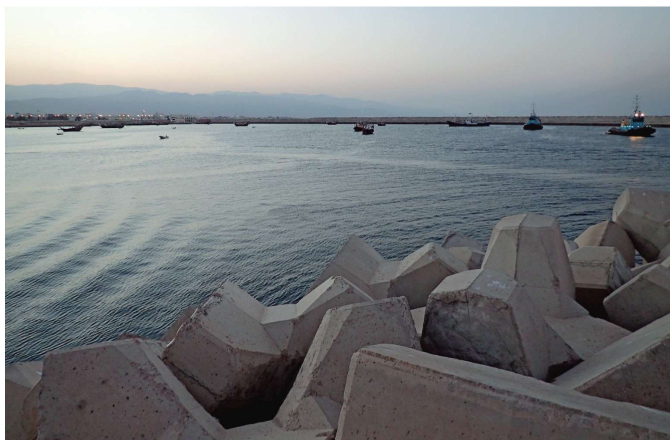
顶部平坦的沙纹。海水从左向右流过，又与潮汐一道返回。

埃尔角灯塔附近的对称沙纹，在破碎波的影响下形成。

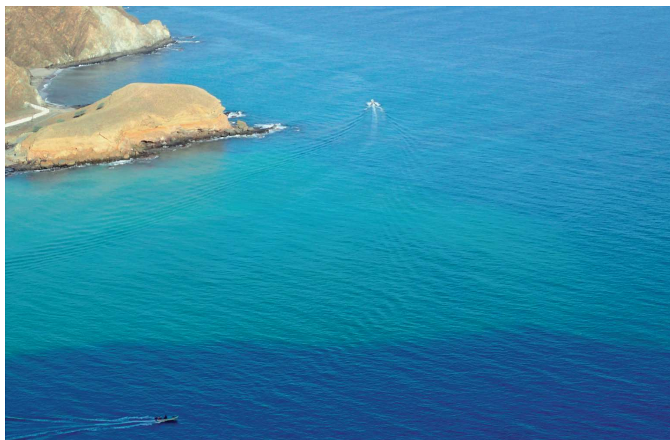
回流冲痕

流痕

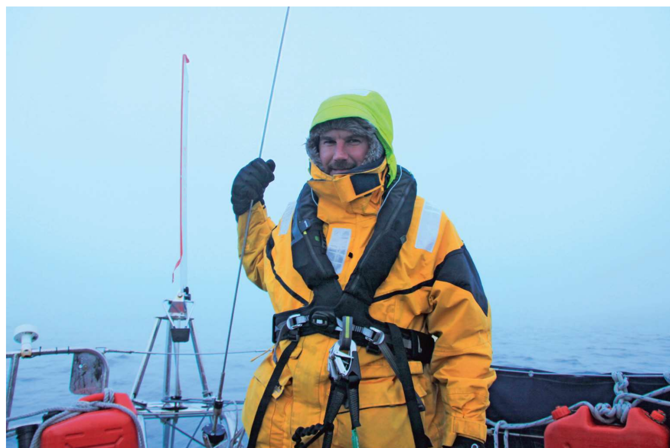
浅槽处的沙子里形成沙纹，那里的水与海滩平行流动。沙坝在左侧，右侧的碎石标记出滩脚。



繁忙港口里的伴流图案以及浮油纹。



快艇制造出典型的伴流图案。仔细观察图片左上部，你会发现更早之前的船只航行留下的痕迹。



本书作者在冰岛北部研究维京人的航海术。

冰岛附近的长肢领航鲸。就连它们柔和的伴流都能改变水纹的明暗。

第一章 陌生的开始：引言

我们可以在一整年里每天都望着同一片水面，却不会看到相同的景象出现两次。同一种化合物怎么会展现出如此的多样性？日复一日，从一个地方到另一个地方，我们看到的差异究竟意味着什么？这本书便关乎我们可以在水中发现的自然线索、迹象以及形态，不管你是站在水坑边，还是凝神眺望绵延数英里的海面。

过去有很多著作都声称自己以水为主题，但是哪怕其中的佼佼者也喜欢把水当作容器来掩人耳目。在这些书中，水被看作一个其中生活着各类生物的盒子，或者一扇我们可以透过它观赏事物的窗。但在这本书中，水不会被如此降级，而是成为主体。动植物确实有趣，若有助于解释我们所看到的水的变化，它们自会在本书中占有一席之地，而不是与此相反。此外，我们要关注的是水的液体形态，冰、雪或水蒸气不在此列。这本以自然为主题的书不寻常的地方在于，我不会偏向于有机线索而对无机线索视而不见——如果能够帮助我们读水，浮标和藤壶一样有益。这使得本书无法被归入传统的博物学书籍，但它仍是一本彻头彻尾的自然之书。

在文学中，水在思想、生理甚至是精神上对我们的影响已经得到了透彻的解读。千百年来，先贤圣哲们凭水而望，积累了丰富的观水经验。已故的罗杰·迪金[1]曾指出，长颈鹿是唯一不会游泳的哺乳动物，而人类与其他猿类不同，我们的大拇指和食指之间有蹼，这一点强有力地支持了一项广为流传的理论，即我们不仅在思想上受到水的吸引，在生理上我们也是亲水的。水对我们的身心及灵魂有着显而易见的益处。

人类学家洛伦·艾斯利[2]曾说：

倘若世上真有魔法，它一定隐藏在水中。

此言或许非虚，但令我着迷的是，我们可以通过理解水中出现的图案背后的物理起因来破解其含义。哲学和实践这两种视角都赖于耐心观察，而我坚信，如果我们确有要寻找的东西，就更有可能破解水的含义。

理解我们所观察到的现象并揭示其背后的原因无损于事物的整体

美感，而是正相反。正如我几年前就发现的那样，一旦知道可以通过观察彩虹的颜色来估量雨滴的大小——红色越多，雨滴就越大——

彩虹就获得了新的美感，而它原来的魅力不减分毫。我们在水体中发现的所有迹象皆是如此。站在同一码头上，我们既可以享受它的诗情画意，也可以同时进行冷静的分析。我们既可以欣赏落日下金光闪闪的水面，也可以享受解读水体形态所获得的乐趣。

在异常炎热的奥斯陆，我帮忙将充气艇底端的藤壶和水藻清理掉。我们准备将一艘我所见过的最美丽的船从挪威运往英国。

一位老友无法前来履行"运货员"的职责，我便欣喜不已地代他站在挪威的这处浮码头上。在我面前是一艘现代化的游艇，近30米的流畅线条延伸开去，船身风格效仿1930年代标志性的J级帆船[3]。阳光从水面上反射过来，照射在洁白无瑕的船体上，船身上是深色的甲板，黄铜装饰闪闪发亮。

据传这艘漂亮的游艇是一位美国航海建筑师的心爱之物，他迎娶了一位富有的女继承人。这种结合非常稀有——白日梦遇上可观的账户余额。据说，那个伫立在豪华客厅里的烧木头炉子必须一次性建成，镶在其前侧的玻璃板花费了上千美金特别打造，以确保这只独一无二的火炉能完美融入它的新家。

扬帆之前，我们还有一个任务，那就是用特别剪裁的厚重透明塑料布包好红木装潢的锃亮船舱。水手们可以透过塑料布欣赏这些木质家具，但是不能用手触碰。踏足这样的船已是荣幸，而能在我的航海生涯早期作为船员驾驶它更是梦幻得不真实。

我们松开缆绳，又将洁白如新的绞船索和护舷板收起来，在未来一周内它们是派不上什么用场了。游艇沿峡湾向下滑行，驶向大海。

几天过去了，我们驶入公海上的航道。不久之后，我们穿梭在巨大的钢制石油钻塔之间，这些北海上的工业巨兽散发出世界末日的气息。风势降了下来，海面上氲起夏日的薄雾，将我们笼罩其内，最后又变为正常的浓雾。油气钻塔隐匿其中，只在雷达屏幕上以脉冲信号出现，偶尔会透过薄雾向上喷发出愤怒的橙色火焰。这片薄雾如此忠于这片海域，因而获得了自己的专属名称：哈雾（haar）[4]。我们拿晦涩的航海知识考验彼此以打发时间。

"球形，菱形，球形。"有着维京血统的斯堪的纳维亚船长萨姆从甲板上冲我喊道，我正在掌舵。

“难以操控的船只。”我答道。萨姆点头微笑。一阵短暂的沉默。我打破沉默说：“白灯上是红灯，下面是两只黄灯，交替闪烁。”

萨姆停了一秒，手上调整着一个绳结，随后抬起头。“渔船……被围网绊住了。”他咧嘴一笑。我想他只是想让我相信，有那么一刻我难倒他了。但并不会发生这种事，不管是此时，还是整个航行途中，很可能永远都不会。萨姆太厉害了。他不过是在用测试来纵容我作为新手对自己脑中鲜活知识的得意之情。他知道我最近刚刚通过了帆船大师[5]的考试和测验。或许在自己的航海生涯中，他也有过关于这块敲门砖的愉快记忆。

萨姆又给我讲述了一些比海上生活更可怕的事情。他在海上的经历没有哪一件能比他在参加瓦萨希海事学院[6]的硕士口试时面对考官们更恐怖了。“他们说不定会容许你犯一个错，但可能不会让你错上两个。要是在你的知识背景中察觉到一丝薄弱，就会变得冷酷无情……简直是掠食者！”

航海入门仪式对我来说还是很美妙的。合格证书能够帮助减轻自我怀疑，任何二十来岁的年轻人都会承认自己有这种自我怀疑。假如有人递给你一张单子，并告知你已通过某项考试，那么他们最清楚了，或许你真的知道些什么。而倘若你的确了解一些东西，那么或许你还是有一些价值的。

我本应全身心地享受那次专业首航，但我还是心存一些挥之不去的疑惑。虽然我已拿到了那张证书，上面贴着我的证件照，外面裹着皇家游艇协会的精美皮夹，但还是有一种焦虑感在啮噬着我的内心，折磨着我的精神，就好像一根老旧粗糙的麻绳摩擦着我的双手。这种焦虑感幻化成阿卜哈拉船长的形象。

不管看向哪里，我都会看到阿卜哈拉船长。我从被海水打湿的护栏望去，他在那里；我望向灰色北海上翻腾的海水，他在那里。甚至在我结束观望后，他也同我一起打道回府，回到我起伏的床铺上休息。他无所不在，令人不安，而他在我出生一千年之前就已死去这一事实并不能减轻我的烦忧。

阿卜哈拉船长最初是在克尔曼[7]的波斯地区当牧羊人。随后渔船上的一份工作将他带到海面上，这促使他后来在印度贸易航路上的一艘货船上当水手，最后又转战凶险莫测的中国海路。当时，人们都以为，没有人能成功抵达中国再安然无恙地返回。阿卜哈拉完成了七次这样的航行，所有这些都发生在公元首个千年的结尾。

此人出身卑微，而且来自一千多年前的遥远世界，我们又是如何这么了解他呢？这是因为他做了一件能够展现超凡知识和胆识的事，任何一面都足以让他的故事流传下来。

曾经，另一位同样在危险的中国航路上航行的沙赫里亚尔船长，在台风季里等候着令人担忧的平静天气过去，这时他发现遥远的海面上有一个深色物体。他们放下小船，派了四名水手前去打探这个神秘的小点。一接近这个深色物体，他们就看到一张熟悉的面孔：德高望重的阿卜哈拉船长淡定地端坐在独木舟内，身边只有一只装满水的兽皮水囊。

他们回来将这番神奇的景象报告给沙赫里亚尔船长，他问为何不将这位身处不幸的可敬船长救到大船上。船员回答说他们试过这样做，但是阿卜哈拉船长不愿意离开自己的小舟到他们的大船上来，他说待在自己的小船上也很好，除非付给他1000第纳尔[8]的巨款，否则他不愿意登上他们的船。

沙赫里亚尔船长和他的船员们反复思忖了这个匪夷所思的提议。但以他们对阿卜哈拉的智慧的估量，还有对目前诡异天气的担忧——眼下风平浪静，这明显使他们大为担忧将要发生的状况——他们最终同意了阿卜哈拉的条件并将他请到船上。一踏上新船，阿卜哈拉船长立刻索要1000第纳尔，他们也如数支付。之后他让沙赫里亚尔船长和一众船员坐好，聆听并遵守他的指挥，后者一一照做。

“台风要来了！”阿卜哈拉大喊。

阿卜哈拉给船长和船员解释说他们正身处巨大的危险之中，必须扔掉船上沉重的货物，锯倒主桅杆，并将它也扔到水里。他们还要将主锚的绳索割断，让船随意漂流。船员执行了阿卜哈拉的命令，开始忙活起来，虽然这并不容易——航海贸易商最为珍视的三样东西就是他的货物、桅杆和主锚。对他们而言，这些东西是财富、运输和安全实实在在的标记，也是他们冒着生命危险的原因以及保住性命的手段。但他们还是照做了，之后便耐心等待。

第三天，一朵云凭空升起，逐渐壮大，直到如灯塔一般矗立在他们眼前，之后它又化开、坍塌，最终消失在海里。接着台风（*al-khabb*）袭击了他们。台风肆虐了三天三夜。船身的轻巧使得它在海浪与礁石之上如软木塞一般上下浮动。他们活了下来，没有被巨浪吞没和击碎，也没有溺水而亡。到了第四天，风势降了下来，船员们得以安全地驶往位于中国的目的地。

在从中国归去的旅途上，船只现在满载新鲜的货物，阿卜哈拉船长命令大船停下。他们放下一艘小艇，又派了几个水手去寻回在风暴之前割断并留在礁石上的巨锚。

船员们目瞪口呆，问阿卜哈拉船长他如何知道该往何处寻找被丢弃的锚，而他又是如何精准预测台风的。他解释说，月亮、潮汐、风以及水中的迹象使得这一切都再明显不过。

正是阿卜哈拉船长这种深邃的直觉和渊博的知识在那次自挪威出发的航行中一直挥之不去。阿卜哈拉解读水中迹象的智慧在所有我通过的考试中都无从查询，但它几乎是肯定存在的。传统的阿拉伯航海家们有一个词专门用来指称这个知识体系，这些知识使人们能够解读水中的物理现象——少数拥有此种能力的人便掌握了“航海智慧”（*isharat*）。

我想，这种智慧的来源与官方考试显然不同，它们需要在海上探寻。于是我在海上度过了难以计数的日日夜夜以积累这种智慧。

但是我错了。在海上驾驶现代游艇能让你学会管理船只和船员，阅读简要的天气预报，以及怎样在上下起伏的厨房里做出面包，而又如何将生鱼配着酸橙汁咽下。我能学到这么多东西，但在充斥着令人眼花缭乱的电子设备的年代，这些东西无法给我底气以回应阿卜哈拉的凝视。因为它们无法再提供那种深邃的智慧，也不再教会我们如何读水。我常常与经验丰富的现代船长们讨论这一点，他们也普遍颔首赞同，通常望着地平线的双眼里还流露出一丝悲伤。

我一边享受着水上的美好时光，一边又因它无法赐予我智慧以提升我破译周围水纹形态的能力而感到挫败，因此我转换了路线。很多年前，我踏上了一趟相似的航行，这次是为了寻求这种智慧。刚一出发，便发生了一件怪事。我很快发现，并不是离陆地越远，那些能够开启对周围水的深入了解的线索就越多。相比于从航行在大西洋中部的船上所发现的迹象，我们在水坑和溪流中观察到的东西对于理解现象背后的原因同样深刻有益。

其次，还有一个相关发现——实际上，脚踏结实的地面要比身处船中更容易学习有关水的知识，不管以后你是否要在船上运用它。因此，在本书中，只要有可能，我都会说明这些知识不只可以在陆地上习得，我们同样可以在陆面上见识并享受它们带来的乐趣。这听起来好像不切实际，甚至完全不着边际，但事实证明，人类史上最为伟大的水面迹象解读者们已经对此进行了尝试和检验。

许多世纪以来，太平洋岛屿的航海家们一直令西方人感到震惊。库克船长[9]于1774年在塔希提岛[10]遇到了这些令人敬畏的航海者们，当时他观望着330艘大船和7760名水手下水。这幅浩浩荡荡的景象让库克和他的同伴“由衷地惊叹不已”。

没有海图、罗盘或六分仪，太平洋岛民们完全依靠对自然指示的解读安全行过一片又一片海面。特别是他们对水的解读从未被后人所超越，不管是在地球上的哪一个地方。在接下来的章节中，我们会慢慢了解他们的方法，而在这里，提出这些方法只是为了要讨论他们将自己独一无二的本领传授给下一代的方式。

正如关于水的迹象的知识体系有一个专门的阿拉伯词，在太平洋也有一个短语——*kapesani lemetau*，意思是海上行话，水面学问。在太平洋岛屿上，学习这门学问的年轻学生们会随自己的老师一起出海，然而事实上，这项技艺的精深部分却是在陆面上传授的。很多关于星星、风和波浪的课程都在室内习得。来自太平洋的吉尔伯特群岛和基里巴斯群岛的蒂达·塔杜瓦是一位航海家（*tia borau*），他的本领全是祖父在会客室（*maneaba*）内教给他的。还有很多人借助“石岛”或“石舟”学习技能。这是一种简单的教具，借助它，学生们可以舒舒服服地坐在沙滩上学习水在它周围如何表现以及如何解读这种表现。

我们应该从太平洋岛民身上汲取灵感，来体会身处旱地时能够学到什么，以及如何学到很多知识。但我们一定不要被他们的能力吓倒。传奇的澳大利亚布希曼人哈罗德·林赛是一位资源保护主义者，他有一句老话：“不要以为土著身怀的才能文明人学不到。”

我们不但有可能模仿这些传统的方法，还可以将这些洞见与最新的科学、见解、经验以及智慧结合起来。伊恩·普罗克特是一位德高望重的帆船策略师，他曾帮助赛船手们赢得了世界上最高的奖项。他表示，很多帆船比赛在尚未有人踏足船上时就已胜负分明。这如何得知？通过解读水中的迹象。

在接下来的内容中，我将我认为值得寻找的各种水的特性进行了浓缩。从我长期积累起来的一个长长清单上，我挑选了我最钟爱的一些例子。我想这些珍若宝石的实例囊括了所有有趣和有用的知识。然而，为了能够让你更好地享受这门艺术，还有两个障碍需要克服。

首先，博物学家们将水体划分为几个类别：池塘、河流、湖泊以及海洋等，这些水体彼此之间的定义差异明显。假如你的关注点全部在动植物身上，这倒不失为一个明智的划分方法：很少有动物和植物

会同时出现在湖泊和海洋中，即便它们相隔不过数百米。然而水对这些划分却不以为然，观察一片乡野水塘便可学到很多关于世界上最为广阔的海洋的知识。因此，不管你钟情于哪一种类型的水，值得了解的事物并不会也不能被局限在相应的那一章里。

其次，一种缺乏耐心的勾选方法并不适用于对水面迹象的研究。水不会依照次序而变。假如你在本书中发现一个喜欢的迹象，于是去寻找它，当然初次尝试你便可能成功，但更有可能的是它会自己选择时机出现在你面前——只要你怀有足够的好奇心能坚持不懈地去寻找它。这意味着，最好的办法就是将这门艺术看作一个整体。这本书的结构安排使得你能踏上学习所有迹象的探索之旅，而同时又时刻让你意识到每一种迹象都是更大拼图的一部分。了解了这一点，你便做好了准备——不只寻找单个迹象，而是去见识各种状态和表现的水。

当你初次观测到一些较为复杂的图案时，当然会遇到挑战，感到挫败，甚至还可能会有一些迷惑。我劝你将我们即将遇到的这些迹象和线索看成是不同的“人物”，有的直截了当，但是那些较为复杂的却常常最有意思。

最后，你当然会想问，为何要费力踏上这趟罕见的探索之旅？我来让太平洋的一位当代航海大师（*Pwo*）查德·卡莱帕·巴依巴恩回答这个问题。在2014年的采访中，查德曾被问到在现代世界里学习这些方法有何意义，他答道：

> 这套本领真正独一无二，一个人会立志想要精通它们。学习它们实际上磨炼了人类破解自然密码的头脑、知识和能力……对我个人来说，这是我体验过的最美妙的感觉。

太平洋岛民们十分重视学习这些技能的过程。他们进入这门珍贵学问的精英世界及与之相伴的入门仪式都伴随着传统典礼。培训和典礼的细节在每一座岛上都有所不同，但仍有一些共同的主题。入门者需围上特制的腰布，撒上姜黄粉，并与亲朋好友交换礼物。在可能持续长达六个月的整个过程中，他们需要禁欲，并饮用特制的椰子药水，同时还要滴水不沾。以我对获取智慧的仪式的热爱，你应该想象得出我有多喜欢这个仪式。

你可以选择自己学习读水的庆祝仪式。但如果读完此书后，你看待水的方式仍与先前一样，那么我的任务便以失败告终，我也就无法享用椰子药水了。

愿你享受这段探索之旅。

第二章 扬帆起航

与先前许多伟大的探险家一样，我们的旅程起始于厨房。

当我们看向水面，我们怀有的为数不多的一个期待是，水应该是平的，然而水面绝少平坦。仔细观察一杯水，你会发现杯中的水面并不完全平坦，它在边缘处略微向上弯曲——这是它的“弯月面”（meniscus）。这个弯月面的形成是因为水受到了玻璃的吸引，它被拉向杯壁，依附在边沿上。水与玻璃杯之间的吸引力使得本应平坦的水面像一个有一点点边缘的碗。

注意这一点又有何用？只关注这一点，可能没什么用。但与其他几个因素联系在一起，它便能帮助我们理解河水何以会泛滥。

水会受到玻璃的吸引，这是水的一个特性。有些液体，比如唯一的液体金属——水银，会受到玻璃的排斥，因而它的表面会像倒扣的碗，叫作“凸月面”（convex meniscus）。大部分液体与其他物质之间都会产生吸引力或排斥力。液体内部也有微弱的吸引力。若非如此，它们便会散开，成为气体。水会吸引水。

正如我们的物理老师为我们反复讲述的那样，水分子由两个氢原子和一个氧原子紧密结合而成。但老师——至少我的老师——没有教我们的是，一个水分子中的氢原子还会受到其邻近水分子中的氢原子的吸引。这使得水分子之间互相依附。为了帮助理解这一点，可以设想两个在羊毛衫上摩擦过的气球会因静电轻轻地黏附在一起。水分子间相互吸引的原理类似于此，不过它是在微观层面上。

想要展现水的这种“黏性”（stickness）很简单。接一杯水，在一个平坦光滑的防水面（比如厨房的操作台）上倒上几滴。现在弯下身，直到自己的视线与液滴平行。你是否看到水自发地形成一些微微凸起的小水塘？在完全平坦且全部流下台面之前，它们并不会凹下去（假如倒得够多，有一些会流下去，但还有一些会留在台上）。现在台上留下了一些向上凸起的小水塘，而不是完全变得平坦且全部流走。

之所以会这样，是因为水会受到相邻的水的吸引，这种黏性或张力强大到能对抗重力。重力企图将水向下拉，使它变得平坦且流到地

板上，然而水的张力阻止了这一过程。有人打翻水杯时，我们更常拿起抹布而不是拖把，其中就有这个原因。留在桌面上的水将其他水拉了回来，阻止它们全部流到地板上。

挑距离较近、面积大一点儿的两摊水。将手指插入其中一摊并往另一摊的方向引去，再松开手，也不会发生什么，水顶多面积大了一些，但也仅此而已。注意观察水是如何又向后缩回了一点，因为你用手指拉动的水被留在后面的水吸引，从而被轻轻拉了回去。（倘若在不同的表面上做此实验，你会注意到向后缩的水的体积和速度会因表面的不同而有所区别，这是因为不同的表面对水的吸引力也不同。）但是当你用手指将水引向更远处，直到两摊水刚好彼此触碰时，观察一下会发生什么。水不再被其留在后面的水拉回去了。相反，它现在被自己的新朋友吸引——两摊水融为一体，因水的黏性而紧紧依附在一起。

在完成一次这样的实验之后，我拿起抹布清理桌上的这些小水塘，这时水做了一件我此前从未注意到的事，但事实上它每次都会这么做。抹布吸了很多水，这是它的本职工作，然而留下的水却被“熨”成了一层薄薄的平坦的水面。不过这层水的平和薄只会维持一秒，随后水明显将自己拉在一起，又形成了上百个小小的水塘。这些细小的水塘通常彼此相连，使得这片湿水区看上去斑斑驳驳。试一试，你就会明白我的意思。

列奥纳多·达·芬奇痴迷于水，曾仔细地观察过它的“黏性”。他喜欢观察一小滴水并不总是迅速地从树枝底端滴落在地的过程。达·芬奇注意到，当水滴大到要落下来时，它总是受到一些阻力。他在1508年前后曾记录到，水滴在最终落下之前，会拉伸成细长的形状，当太细而无法支撑自身的重量时，它才会坠落在地。

你可以亲自去发现这种现象，这个过程在雨后叶子的末端上演时十分美丽。倘若雨正倾盆而下，水会从树杈、嫩枝及树叶上急速溅落，但当雨在稍后停下，观察一下阔叶树或灌木的叶尖。水在那里慢慢汇聚，通常在叶子中央沿细细的叶脉滑下，最后在叶尖处汇集。水滴悬挂在叶尖，水的张力或黏性与重力相互较量着。当足量的水聚集在一起，重力占了上风，水滴因此下落。此时叶子还会优美地向上一弹，之后再重复这个过程。

水的张力在它的表面表现得最为明显。由于表面的水分子会被其下面的水分子向下拉，却不会被其他水分子往上拉，这就使得水的表面产生张力，从而在水的表面形成了一层薄薄的水膜。有一个简单的实验可以证明这两个基本现象：水面有因表面张力而形成的水膜，以

及这种张力是每个水分子的两个氢原子间微弱引力作用的结果。

关于这个把戏（我是说严肃的实验），我们来证明水的表面张力会形成一层水膜，这层水膜强大到足以支撑起一小块金属的重量。为了证明这一点，我们来观察一根针是如何漂浮在水面上的。唯一具有挑战性的是第一步，因为我们需要极其缓慢且小心地将针放置在水面上，否则针会破开水面，沉入水底。有一个“投机取巧”的办法：把针放在一小片吸墨纸上（如今吸墨纸有些难找了，但大部分文具店还有的卖）。吸墨纸会缓缓湿透并沉入水底，从而留针漂浮在水面上。

这个实验证明了水的表面张力足以支撑起一小块金属，现在我们还需证明是水分子之间的化学键制造出了这层水膜。我们可以在水中添加一点洗涤剂以弱化水分子间的化学键。什么洗涤剂都可以——洗涤剂之所以会起作用，部分是因为它们自身携带的电荷会抵消水的静电吸引力。于是针下沉了。

快要入夏时，倘若走近位于户外的任意一大片平静水面、池塘或湖泊，你很可能会发现一个昆虫纷飞的繁忙世界。通过观察昆虫，你可以仔细地观看水膜实验。朝太阳的方向走去，想要效果最佳就低下身，这些昆虫对突然出现在它们上方的东西十分敏感，所以想要在它们未注意的情况下观察它们，最好小心翼翼地缓缓迎着光移动。在晴朗的天气里，假如在靠近水边时让你的影子位于你的正后方，便会看到更多昆虫。

空气中以及很多水里都有昆虫，但最有意思的还要属那些停在水面上的了。它们为何不会掉入水中？我们人类肯定会落到水里的。这是因为水的表面张力要大于小虫的体重。对于大块头来说，比如人类，这个逻辑正相反，但这起码使得游泳更富乐趣。现在，不要过于担心这些昆虫的种类，我们之后会了解一些，但大自然能够充分利用这种表面张力的能力却值得我们惊叹。同时，这也是为什么洗涤剂进入野生水体后会产生不良后果的众多原因之一。

使水吸附自身以及杯壁的张力同样引发了一种叫“毛细作用”（capillary action）的现象。我们多多少少都了解一个观点，即液体并不总是服从重力，每当我们把画笔蘸在水中，我们都会发现水沿着刷毛向上流，尽管以我们对重力的理解，水是不应该以此种方式向上流动的。

想要解释毛细作用，只需将我们已经了解过的两种效应结合起来考虑。水会受到某些表面的吸引，比如玻璃和画笔的纤维，此外它还会受到自身的吸引。因此当一个开口足够细小，便会发生一件有趣的

事：弯月面效应意味着水面会受到它上面材料的吸引，因此水被向上拉，又因为开口太过狭窄从而使得液体的整个表面都被向上拉动。之后，由于水受到了自身的吸引，于是水面下的水也跟着被拉了上去。开口越窄（不小于一个点），这种效应便会越明显。

从小草到参天的橡树，你所见到的每一株植物都需要依赖毛细作用将水从地下运输到最高处的叶子。我们知道树的内部并没有水泵之类的东西，但是成千升、上万吨的水都要从土壤里运输到高高的树冠。没有毛细作用，这根本无法做到。

回到厨房，强力吸水抹布、纸巾以及其他编织精美的材料适合擦水的原因便是它们经过了特殊设计，从而将毛细作用最大化了。而一块真正好的抹布无须移动，便能像磁铁一般将周围的水吸过去，这能给人一种奇怪的满足。那便是毛细作用带来的欣慰感。

现在该去野外观察一下这种效应了。下次当你路过一条两边是泥岸的小河、小溪或者水沟，注意观察一下岸边的泥。我们以为被河水打湿的泥会又黑又湿，但是注意，泥土湿润的地方要高于河水拍打的位置。

高于水面的泥是粒子和气孔的混合物，有点像有着纤细壁管的细密蜂巢。河里的水因毛细作用而被向上吸入这些气孔中，结果就是水沟和小溪中水面以上的泥被浸湿了。水向上传输的高度受一系列因素的影响，其中包括水的纯度——干净的水要比受污染的水升得更高——但主要因素还是粒子间的气孔大小。在由细小圆滑的粒子组成的泥土中，比如淤泥，水就升得更高；而土质较为粗粝的，比如沙质土中，水上升得就较低。极端情况下，在黏土中，水能上升到很高的地方，但在砾石中水就几乎不上升。

气压也会影响在泥土间向上传输并停留在那里的水量。这意味着，当气压突然降低，比如风暴来临的时候，土壤无法吸附如此之多的毛细水，于是水很快回流到相应的溪流中，从而加大了在风暴天气中出现洪涝的可能性。

此时值得我们稍稍离题，说明一下对细节的注意与更为广泛的观察结合起来，是如何能帮助我们更加深入了解当前发生的事情的。我们来看看弄得到处是水的厨房实验如何能结合沙滩上的一次散步经历，来帮助预测当地的一条河是否可能会发洪水。

海面高度会受到潮汐状态的影响，而潮汐又会受到很多因素的影响，这在后面会讲到，但在这里我只提一种——气压。低气压时的海

平面要高于高气压时的海面，当高气压系统转变为低气压系统，海面通常会上涨30厘米，也就是1英尺[11]左右。为了帮你记住这一点，可以想象高气压系统下的迷人蓝天低低地压在地平线上，从而使海面下降。

设想你正身处一片你所熟悉的沿海区域，这时你突然注意到海面似乎比你之前任何时候看到的都要高，甚至比高潮时还高。这或许会让你猜测气压一定是大幅度下降了。反过来这又意味着，你不仅能预测到坏天气要来了——因为气压表显示气压下降时很可能出现坏天气，而且还可以预测出出现洪涝的风险大大上升——因为在第一滴雨尚未降落时，所有溪流、水沟和河流中因毛细作用而被吸附在岸上的水将会被释放出来。

一旦学习到该注意哪些事物，它们又会带来什么影响，那我们看到的每一片水便不只是美丽迷人，还会成为提示其他现象的线索。我们学会了把水看成是一个精巧复杂的网络系统，或者说是一个矩阵里的一部分。很多时候，这些技巧会被称为魔法，最近人们叫它通灵——然而两者都不是。它们是一点好奇心、觉察力以及整理线索的意愿合在一起的成果。

在这个如涡流一般旋转的一章里，我们学习了厨房里、叶子上、溪流中以及海边的水。在我们追随伟人脚步，比如4世纪时对“自然迹象拥有渊博知识”的印度水专家苏佩拉加的旅程中，我们一定要熟悉这样一个观点，即对某一区域的水的理解会帮助你理解另一区域的水。

第三章 如何在池塘中看见太平洋

虽然我和家人常常去海边游泳，但这还是满足不了我们对水和游泳的渴望，于是在几年前我们做起了打算。在白垩岩质地区，水难以在池中蓄起，因为它总是往地下渗透，因此去池塘里游野泳的选择便大大受限。对我们来说，这明显就是一个穆罕默德和山的实例[12]。如果找不到一个游野泳的池塘，我们就……我们的花园里现在就有一个像模像样的池塘，一年到头大部分时间我们都在里面游泳。

我讨厌的园艺活儿可以列出一个长长的名单，然而维护我们的池塘却常常让我乐在其中。随便哪个周末，都有这几件事等着我去做：冲刷、布网、撇去浮渣、修剪水生植物以及处理疯长的藻类。奇怪的是，做这些活计我似乎永不疲倦。因为这种乐趣，再加上我对水的热爱和痴迷，结果便是我花了大量的时间观察池塘。就在今天早上，我数到了十四只青蛙，还看到修剪齐整的早春植物根部缝隙里满是快要渗出的黑色蛙卵，这幅景象令我大为激动。

去年有一次，我正要出门赴约，走到池边我停下来朝水里看去——我总是这样做，哪怕很多时候眼看就要迟到了。之后，用警察的话来说，我试图离开事发现场，但就是挪不开脚步。那一刻水之于我的魔力比平常更强烈了。我瞄了一眼手表，脑中的小部分理智催促着更大的、对人失礼的部分赶快走开，但水中出现的现象就是不肯放我走。接着我看到了它，或者应该说，我意识到它是什么了，这两者完全就是两码事。

我们的大脑常常疲于应付来自各种感官的繁杂信息，因此它们会依赖一个过滤器来处理信息。大脑的软件中有一个自动排序系统，它不断地在我们眼睛接收到的信息中筛选出紧急事情。从进化论角度讲，我们一度对捕食者和猎物，也就是威胁和机会最感兴趣。而捕食者和猎物都会移动，所以我们才会在任何场景中都最先注意到移动的物体，之后才能发现更加细微的线索。所有人都能注意到兔子窜过小路，但绝少有人能够发现小路一侧堆积的树叶，除非风将它们吹过小路，制造出移动的场面。

当我们看向水面，这个过滤器便会发挥作用。在注意到任何色彩和明暗的细微变化之前，我们会首先发现水中的动态。那天的风力不

小，风吹过池面引起阵阵涟漪。在小水塘的一处边沿，有几块半浸入水中的石块被我们拿来当脚踏石。风在池水表面制造出的涟漪吸引了我的目光，但引起我注意的并不是这个已经见过上千次的简单现象。当时我在观察并试图辨认的，是石块周围形成的种种水纹图案，它呼应了我所了解的水在世界上一个全然不同的地方的动态变化。

1773年，库克船长在驶近太平洋上一片凶险的海域时，将精神提高到了最高警戒状态，这片海域就是土阿莫土群岛[13]。这片群岛被一些水手们称为“危险群岛”，他们听闻过太多船只因撞上此处的暗礁而粉身碎骨的事件。库克看不到群岛或者散布在周围的暗礁，但他清楚它们就在附近，因为他能感觉到它们的存在。库克并没有神奇的第六感，他不过是在感受海水的变化，并注意到本该从南边传来的涌浪，以及本可以轻松察觉的海浪，在此刻明显缺席了。对他来说，这直接导向了这样一个结论：群岛一定在他的南方，并为他挡住了那些波浪。库克意识到，海水此刻比以往平静，是因为他正身处“无涌区”（swellshadow）中。一旦感觉到这些波浪又回来了，库克便放松了一些，因为他知道自己一定已经驶过了危险水域。

望着池塘中的脚踏石，我看到当风吹过水面时，涟漪一圈一圈地向石块涌去。但在石头的下风区有一片平静的池水。它是池面中央附近唯一的一片静水。这便是“无涟漪区”（ripple shadow）。在这里，脚踏石将风吹来的涟漪挡在外面，它让我想起库克曾感受到的无涌区。

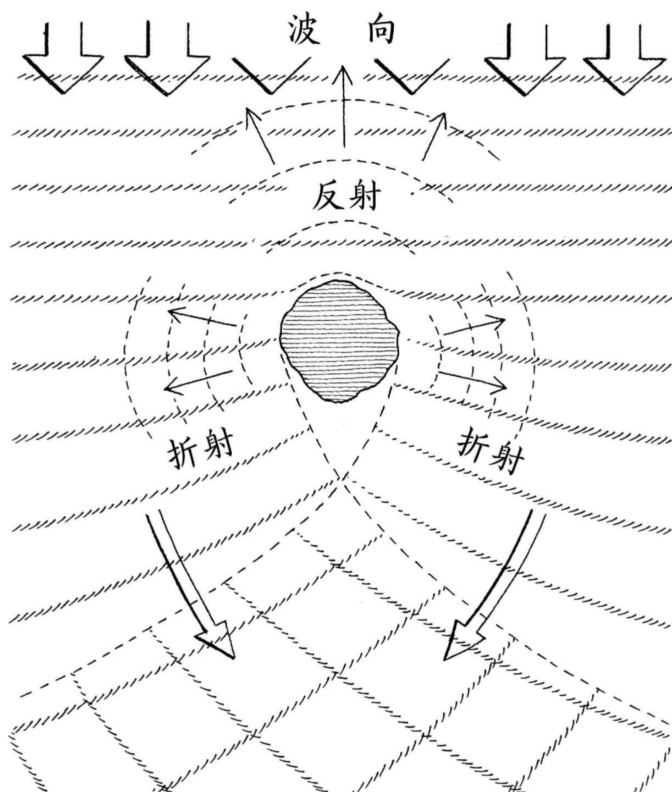
尽管库克是一位出色的水手和航海家，他也仅仅只是熟悉较为基本的读水技能，却无缘见识如今在太平洋常用的更为复杂的技能。得益于20世纪的学术调查，今天，我们对这些复杂迹象的了解都要比库克更多。正是那次与这些更为精美的水纹在池塘中的初遇给我带来了极大的快乐，虽然它耽误了我的约会。自此之后，我在池塘、湖泊、河水以及海洋中都注意过这些图案。只要愿意去寻找，这些迹象我们每个人都可以发现。

一块石头周围有五种划分明显的水纹图案。首先是“开阔水面”（open water），它是池塘的主体，风在这里将涟漪有序地吹送过水面。其次是“无涟漪区”，它是位于石块一侧、涟漪无法到达的平静水面。此外水中还有三种可以识别的图案。

在涟漪撞上脚踏石的那一刻，涟漪本身携带的能量中有一部分弹了回来，就像回声一样。这意味着在涟漪过来的那一侧——“无涟漪区”的对面——有一片颇为动荡的水面，这种不平静正是由涌来的涟漪撞上被弹回的涟漪引起的。在这片狭小的区域内，水面的状态不同

于池塘的其他区域。我朝石块的两边看，注意到两片相似的水面，但它们又与池塘的其余地方截然不同。最后，在石块较远的那一侧涟漪再次相遇，交汇之处方向不同的涟漪交叉在一起，形成了自己的图案。

我突然领悟到自己在看一张“涟漪地图”，其中的涟漪图案依照严格的物理定则和定律与石块的位置相关联。几个世纪以来，太平洋岛屿的航海家们利用涌浪地图来为自己指引目标岛屿的方向，这些涟漪地图与它们别无二致，都是在辽阔的海洋上寻找一个小点的一项重要技能。在我眼前，池塘中的那块脚踏石幻化成太平洋中的一座岛屿。



池塘中石块周围的涟漪类似于海洋中岛屿周围的波浪

此处值得引出这样一个观点，即涟漪、风浪以及涌浪之间有所差别。三者都是风在吹过水面时所形成的水波。涟漪几乎是即刻生成的，风一止息它也会很快消失。往茶杯内吹气便可制造涟漪。风浪需要风吹过较大面积的水面，在风停下后不会马上消失，而是要等上几个小时才会平息。涌浪指的是拥有足够能量传播至风区之外的波浪。

在“解读波浪”一章里我们会更加详细地分析这三种不同类型的波浪，但在这里，我们可以把池塘中的涟漪看成是海洋里的风浪。

当我低头看向池塘的水面，时间一分一秒地逝去，那次或许更加重要但肯定缺乏美感的约会越来越迟，我想象自己是一片小小的干枯的碎叶落在涟漪上。随着被风吹拂的落叶漂过石块附近，那种触水产生的波纹也有所变化。如果我是那片晃动叶子上的一只蚂蚁，我便有机会感知自己相对于石块岛屿的位置。这项技艺被太平洋航海家们称为“水感”（*meaify*），它是一种通过解读水的变化来进行导航的精巧技能。这种水面的变化有时在闭上眼睛时更容易被感知到，据说有些航海家会躺在甲板上闭上双眼来感受水面的波动。

多亏了1890年代德国海军温克勒船长的好奇心，我们如今对某些太平洋航海家解读水面状态方法的了解要多于对他们其他大部分文化的了解。在他的翻译约阿希姆·德布鲁姆（这名翻译后来自己也成为一位航海大师）的协助下，温克勒对于马绍尔群岛的研究保留了一些绝妙且独一无二的读水智慧。

马绍尔群岛位于太平洋中靠近赤道的位置，是密克罗尼西亚群岛的一部分。因为没有高山，这些岛屿低低地平躺在海洋中，航海者们唯有在靠近时才能留意到它们的存在。在要靠航海和寻找岛屿谋生，又没有罗盘、海图和六分仪可以使用的海上，十分适宜孕育出繁盛和精细的读水文化。

温克勒船长发现，马绍尔人看待水的方式同欧洲的制图师看待陆地的方式大体相同：水在他们眼里不是跟随天气变化而转变的混乱水面，而是平展在那里的、拥有一系列可识别特征的地形。海洋深度的重要性不言而喻，海床的自然特性有时也会得到记录，因为它不仅能协助导航，还可以帮助挑选合适的抛锚地点，但是对于太平洋之外的人来说，开阔洋面的特征值得绘制成图这种观点却很陌生。这便是在我们历史的大多数时期欧洲水手所固有的观念。大约唯一的例外是水面状况在近岸处会发生改变。虽然海水在此时可能会变得捉摸不透且动荡不安，但通常此时你已能够看到陆地，因此对于长途导航中位置的判断而言，它通常被认为是并不重要或不相关的信息。

马绍尔人没有其他方法可以选择，于是持相反观点。一旦踏上陆地，导航对他们来说就结束了。他们的挑战在岛屿之间，在海面之上，于是他们学会了以更加审慎的方式看待海洋。

岛上的人们注意到，风总是以一种可靠的方式自固定方向吹来——这些方向便是盛行风向，地球上的每个地方都有自己的盛行风

向。这些盛行风在大洋里引发了可以预测的涌浪，当这些涌浪撞上岛屿，便会引发同样可以预测的现象。在岛屿的四周，水面以一种带有指示性的方式变化着。迎面撞上岛屿的波浪会反弹回来，与持续涌来的涌浪混在一起；流经岛屿附近的波浪会发生弯曲，并在岛屿的两侧形成不同的水纹图案；在岛屿较远的一侧，则产生一片无涌区。

这些技能的天才之处在于将两个简单的观察相互关联起来。首先，风是季节性的，因而它们引发的波浪以及在岛屿周围形成的图案都可以得到大致的预测。其次，借助水的变化，这些图案可以用来推断陆地的方向。正如陆上的导航者可以依据山体平缓的下坡推断出河流的方向，太平洋的岛民们可以根据船只特定的摇晃运动来推测岛屿的方向。

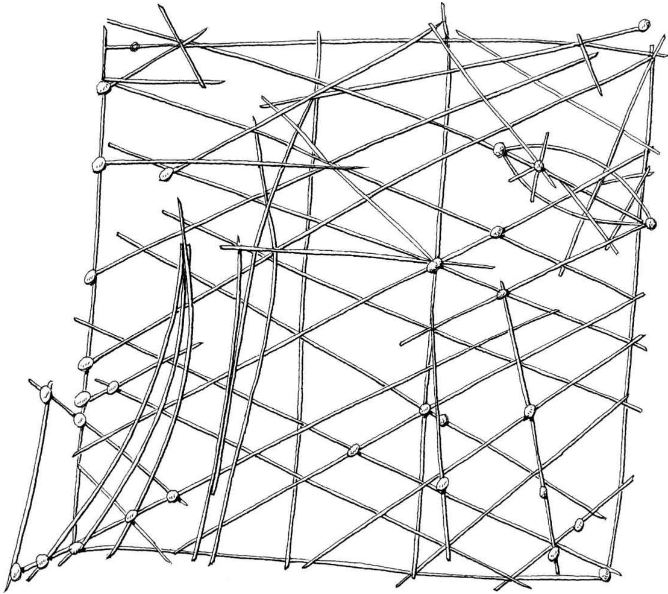
这些知识以及与之相伴的技能在太平洋岛屿俯拾皆是。或许每一个岛上社群都有自己的一套本地图案需要解读、学习和传授，但学者发现即使是相隔甚远的岛屿群之间，它们的相似性也要大于差异性。这也在意料之中：他们面对着相似的境况，拥有相似的需求，而且都缺乏基本的导航技术，岛屿间频繁的文化交流使他们的知识也广为传播。最为重要的是，水在所有岛屿的周围都遵循着相同的定律，即便这些岛屿相隔甚远，面积天差地别，甚至正如我所发现的那样，哪怕这座岛屿不过是英国一片池塘中的一块脚踏石，也是如此。

在马绍尔群岛，温克勒发现了一件在人类历史上绝无仅有的东西。唯独在这些岛屿上，温克勒之类的人才能找到一件能够代表这种水智慧的实物。马绍尔的航海家们发明了“木杆海图”，这是一种用扁索（一种由干纤维制成的绳索）捆绑棕榈叶柄制成的工具，用来呈现水手们会在海上遇到的各种相互关联的涌浪类型。以西方的眼光来看，“木杆海图”根本就不是海图，它们从未被携带出海或用来准确地呈现真实世界。相反，它们不过是教学用具，被经验丰富的马绍尔航海家拿来教授初学者。

如果说是温克勒船长点燃了西方人对太平洋航海术的兴趣，那么便是生于英国、长于新西兰的海员及学者戴维·刘易斯引爆了这种热情。刘易斯在1970年代花了很长时间与岛民们一同航行并且采访了他们，付出了比他人更多的努力重新点燃西方社会对这个领域的兴趣。

马绍尔人的“木杆海图”中蕴含的智慧并未全部消亡，戴维·刘易斯和最后几名航海家们一起航行以保留这些知识。刘易斯与当地的一位航海家伊奥蒂巴塔·阿塔一起踏上了从塔拉瓦环礁[14]到邻近的马亚纳环礁的短途航行。他们为伊奥蒂巴塔30英尺长的木舟扬起船帆，这种线条流畅的快船被他用来赛船以及捕鲨，然后踏上了只有18英里[15]

的旅途，但是距离并不重要。沿途，刘易斯得以观察伊奥蒂巴塔指出自己与每座岛屿的相对位置，并听他用波浪的变化来解释其中的关联。



来自马绍尔群岛的“木杆海图”

伊奥蒂巴塔解释了自东而来的涌浪被每一座岛屿弯曲后水体会如何变化，在他的解释中，混乱的蓝色海面在刘易斯眼前变为一张海图。伊奥蒂巴塔还能指出较小的波浪在哪儿浮在了较大波浪的上方，从而将自己的图案强加在较大且较为显著的涌浪之上。从短暂的波浪到潜身其下的涌浪，通过解读这些波浪并发现涌浪如何受遥远岛屿的影响，伊奥蒂巴塔能够感知并“勘测”出尚不可见的陆地的位置。

在另一趟研究旅途中，刘易斯称航海家希波能够像“看人脸”一样识别出熟悉的涌浪类型。有的涌浪太过常见，从而成为朋友并获得自己的名字。有一种非常常见的类型被简单命名为“大浪”（BigWave），这个简单的名号背后有着特殊的意义，因为它来自“大鹫星之下”（under the Big Bird）。在太平洋岛屿的航海术中，方向并不是用东西南北来指称，而是以在某一方向升落的星星名字来指谓。“大鹫星”是河鼓二[16]的当地称号，这颗恒星在东方升起。因此，通过将来自“大鹫星”之下的涌浪描述为“大浪”，他们便可同时确认此种涌浪的特征及方向。

这些技能的非凡之处非常值得我们思考。每一位略有经验的水手都会学着感受不同海面状态之间的区别，很多奇闻逸事都描述了船长是如何从海洋运动几乎难以察觉的改变中对自己所处的位置做出推算。还有一则18世纪关于埃德蒙·范宁船长的传说。据传他在有一夜醒来后冲上甲板，命令船员顶风停船，这几乎等同于让一艘航行中的船紧急刹车。到了第二天范宁和他的船员才意识到，当时在距他们不到1英里的地方有一处本会将他们击碎的暗礁。范宁通过海水的变化在睡梦中感受到了这处暗礁！

虽然这不过是个出处不详的传说，却自有其道理。西方的水手很少能够用这种方式来解读大海。我曾多次试图运用这种技能，但每次它都只是提升了我对太平洋航海家的敬意。这些技能精细复杂，事实上，如果不能放弃自己原本的生活而投身于对它的追求，平常人很难达到太平洋岛民的水平。然而，我们不该为此感到惊讶，也一定不能因此消沉——或许很难运用这些技能穿过太平洋，但我们依然可以通过观察身边的水面来学习以及识别这些图案。如今，当我在家里的池塘中看到涟漪在石头周围反射且弯曲，我依旧大为惊奇，虽然此前我曾无数次凝视池水，却从未发觉它们。正如我先前提到的，在我们看到和意识到的东西之间存在着很大的差别。

在后面的“海岸”和“解读波浪”等章节里我们会再次回到这个领域，更加深入地了解大量其他迹象和图案。但在我们离开池塘之前，我想让你在一片相对平静的池塘里找到一对划水的鸭子。

鸭子是成对出现的动物，母鸭身边跟着颜色更加鲜艳的公鸭的景象非常常见。（公鸭毛色鲜艳明亮，头部碧绿，脖颈洁白，还有着明黄色的喙，但是母鸭却色泽灰暗。这是因为母鸭在易受攻击的孵卵期需要更好的掩护。）

仔细观察鸭子周围的水面形态。倘若在无风日，又没有其他鸟儿搅乱水面，那么水面便平静温和。但更有可能的是，水面上会出现因微风及其他鸟儿的干扰而形成的涟漪。不管你看到了什么，花点时间来了解一下水面的形状和规律，不只是水鸭周围的水面，也向更宽阔的水面上观望一下。这便是“水面变化基线”（baseline water behaviour），换言之，就是水面在被那对鸭子干扰之前的状态。

现在观察其中一只鸭子划过之后的水面。你会很快发现在它身后出现了“V”字形伴流，这只鸭子带起的这组涟漪向外扩散过水面，叠加在先前的水面图案之上。接下来看看另外一只鸭子背后出现的相似涟漪。这些涟漪在两只鸭子游过时从它们身后扩散至更远处的水面。

留意两组涟漪相遇之后彼此叠加的地方，花几秒钟研究一下。你能看出现在形成了一种全新的图案吗？它是两只鸭子带起的两组涟漪组合在一起形成的图案，看起来却与每一组都有所差别。你应该可以看到一种全新的交叉图案。

鸭子身后的伴流在相遇之处形成新的图案

两组水波在叠加之后出现的图案独一无二，因此太平洋岛屿的航海家们才能在两组涌浪靠近岛屿、彼此叠加时弄清自己的位置。例如，波浪在撞上岛屿反弹回来后遇上涌来的波浪会形成新的图案，而环绕在岛屿一侧的波浪会遇上自另一侧弯曲而来的波浪，最终在无涌区远端相遇，并在其外侧生成一种新的波浪图案。

波浪像这样彼此相遇之后形成新图案的现象，科学家们称为“干涉波”（interference patterns）。当波峰两两相遇，水面高度是之前的2倍，而波谷两两相遇形成的波谷深度也是之前的2倍，但是当一组涟漪或波浪的波峰与另一组的波谷相遇时，它们便相互抵消。最终的结果便是形成了产自两组波浪却与两者都不尽相同的小块水域。在后面的内容中，我们还会再来了解在不同地点及不同尺度上的这种重要效应，但对于引入这个话题，鸭子和太平洋岛民们却是一个不错的组合。

第四章 陆上涟漪

1885年，南澳大利亚州政府派遣了一位叫戴维·林赛的人和一小队勘测员，他们自阿德莱德出发，前往干旱的巴克利台地进行考察。到了次年2月，这些勘测员仍在台地上辛勤工作，但在此时他们遇上了沙漠旅行者的死对头，当地土著称之为*quatcha queandaritchika*，翻译成不太动听的语言，大意是“滴水全无”。

托德河的河床已经干涸，土地四周一片灰暗干枯的景象，这队人因而仅靠最后的几品脱[17]水续命。他们面临着严重的生存危机。队中有一人骑上骆驼出发前去打探水源，但在不久之后归来，精疲力竭，垂头丧气，他一滴水也没找到。更糟糕的是，他连当地土著的影子都没有见到。长期以来，勘测员们都认识到，在这样极度严苛的环境下，当地人与地形的关系可以预示此地环境是否适宜生存。生火的痕迹意味着土著们曾在此处安营扎寨，也意味着附近一定存在水源。然而当时在方圆几英里之内都没有出现他们扎营的痕迹。情况不容乐观。

幸运的是，后来出现了一种能够提示附近水源位置的线索，这种线索甚至比土著的存在都更为可靠。探险者们正要开始体会绝望的痛苦滋味时，林赛却发现一只孤单的原鸽飞过峡谷。他几乎是立刻就意识到了这只鸟犹如天使降临般的意义，于是出发前去追赶。鸟儿或许已经消失在视野里，但是林赛记住了它的飞行路线，便一路追踪，来到一座山上。在一处不起眼的地方，一个他永远也想不到要去查看的地点，林赛在岩石间发现了一个洞，里面的水足以让他和他的队员喝上一年。

我们身处澳大利亚内陆或其他任何极度缺水的地方的可能性或许微乎其微，但是有机会解读水之于我们的相对位置却是读水技能的重要部分。对于周围环境的看法可以再次从太平洋那些出色的航海家处获得灵感，他们能够为我们提供一个在世界上任何地方都会有益的视角，不管身处城市中心还是荒野。在本章，我们来集中学习如何在看到水之前发现它的存在。

太平洋的航海家们并不是精准地朝目标岛屿前进，他们不过是尽其所能地向他们心中岛屿所在的海域行驶。一旦航海家由航行距离及

星辰位置这样的迹象判断出岛屿就在不远处，他便开始巡视海面与天空，以寻找能够帮忙发现远方陆地的线索。除了我们前面了解过的涌浪类型，一个主要的提示便是看到的鸟儿的种类，因为每一种鸟都可以用来估算陆地的远近。燕鸥、鲣鸟以及军舰鸟各自有着以陆地为中心的舒适飞行范围，因此它们中的任何一群都能成为航海家雷达的一部分。军舰鸟能飞至距离陆地70英里的地方，而看到燕鸥值得我们欢欣鼓舞，因为这种鸟儿很少会飞到距陆地20英里之外的地方，看到它们便意味着很快可以登陆。这种利用鸟类来计算陆地远近的方法是自然导航者技艺的基本组成部分，从《圣经·旧约》到斯堪的纳维亚的故事集，它出现在形形色色的故事里。《旧约》中，诺亚放出一只鸽子以打探洪水是否退去。在太平洋，这种方法获得了自己的专属名称：以鸟探路（*etakidimaan*）。

随着距陆地越来越近，海洋生物也会发生明显的变化，因为鱼类、海豚及水母与其他动物一样，偏爱受近陆浅海强烈影响的栖息地。但还有其他一些迹象，其中就包括云彩的变化，它在从陆上升起的暖空气上方会呈现出不同于较冷水面上空的形态。

所有这些线索加在一起，使得微小如点的岛屿在航海家眼里似乎被放大至可被观测到的程度，尽管它们还远在可视范围之外，航海家却因此可以在壮阔的太平洋上发现陆地。我们的兴趣在水而不在陆地，但仍可使用这一原理。我们可以学着寻找那些提示水就在不远处的迹象。养成这个习惯能带来回报，它使我们能够发现水经过重重陆地送来的“涟漪”。一旦你学会感知这些迹象，那么那面人迹罕至的美丽小湖，那片多数人路过都不会投以一瞥的湖水，便会发射信号，送出涟漪，吸引你靠近观察。

根据当地的水量，每一株野花、每一棵树木以及每一只动物都或多或少有被发现的可能性。对昆虫来说，这个范围会非常小。很多昆虫都只在距离淡水几米之内的地方活动，有一些之后我们会讲到。苍蝇常常让人觉得讨厌，但在炎热的夏日，试着在路过水源时注意它们数量的波动。在撒哈拉，我发现苍蝇是一种可贵的线索，它能非常可靠地指示附近的绿洲。蜜蜂也非常有用，因为它们总是沿着直线往返水源地飞行几百米，在空中划出一道微弱的标记，指引着水的方向。

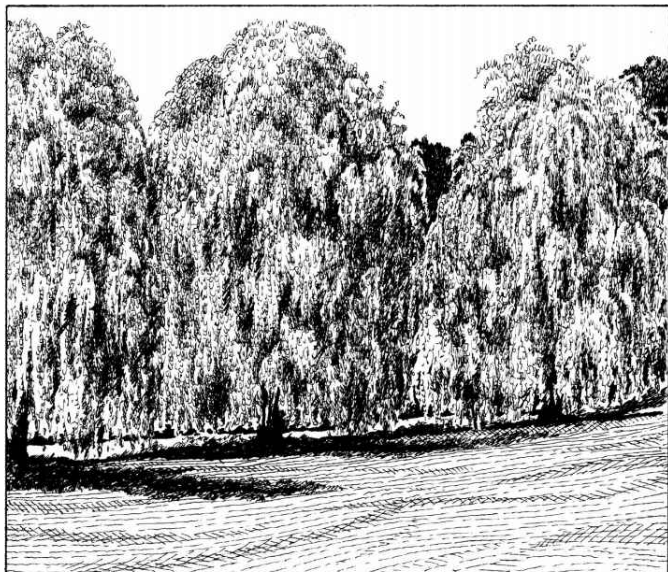
鸟类没有汗腺，因此它们流失水分的速度要低于很多哺乳动物，这意味着它们飞离水源的距离可以远远大于一些昆虫和哺乳动物，但它们从不随意超过一定范围。大型鸟类、猛禽还有以腐肉为食的鸟类，比如乌鸦，能从它们的食物中获取大量水分，因而不像以种子为食的鸟类那样需要定期补充水分，后者中有鸽子、斑鸠、鸡、燕子以及雨燕等，这些鸟类在觅食时需要定期喝水。除了学习每种鸟类与水

之间的关系，我们还可以从它们的行为中找到一些线索。假如你看到鸟儿在低空中快速飞翔，它们便更有可能是在朝水源飞去，但如果它们在林子里的枝头间不断地飞来飞去，这很可能说明它们已经摄取了充足的水分，正在体重所能承受的最大高度附近飞。

很多鸟类都有着非常固定的栖息地：翠鸟是地盘性的河鸟，在旅行之后会飞回河边的大本营，因此翠鸟出没标志着附近一定有淡水河。崖沙燕是另外一个提示附近可能会有河水的线索。许多鸟类对淡水和咸水有着极为不同的偏好，例如海鹦对淡水毫无兴趣，而骨顶对咸水也兴味索然。

像大多其他植物一样，树木是扎根在某一地点的，这会给它们带来严重的后果，也同样会对我们有所启发。树根必须在它们永久置身其中的土地里费力维持一种平衡：它们必须支撑起树木，或许还得抵抗8级风这样强大的力量，再为树木提供矿物质，并运输成千上万吨的水分。对牢固附着和丰富水源的需求之间存在着这种不稳定的平衡，正是在这种不平衡中，树木通过分化找到了自己的生境。水青冈进化出比大多数温带树木对土壤低含水量更强的耐受度，因而它们的根系不耐长期水淹，这让它们在相对缺水的区域拥有巨大优势——因此水青冈可以很好地提示你正脚踏干燥土地之上。柳树和桤木唯有在根系常常浸水的地方才会生长良好，因而它们对不远处的水源是强有力的提示。

从其貌不扬的野草到令人着迷的野花，每一种下层植物都有着它们喜爱的土壤湿度，因此它们显示了土地的含水量，也因而说明了附近存在水源的可能性。从活泼的沼泽金盏花[18]到不住颔首的水杨梅，许多植物的名字便透露了它们的喜好。



沿河岸成排生长的柳树

运用植物寻找、标记或者预测水源位置时，诀窍在于千万别陷入学习那些提示水源的植物名称的坏习惯中去，这是自讨苦吃——它们的名字成百上千——而要关注在你熟悉的区域，靠近水源时植物是如何变化的。此时你便开始结识一群喜欢水的朋友，一眼看去便能认出它们，假以时日，它们的名字也会渐渐被你熟知。我非常反感那些认为知道植物的名字要好过了解它们特性的博物学家。

我们每个人在这个领域里都拥有一种无意识的基本能力，现代的生活方式可能让这种能力弱化，但它根深蒂固到能让我们挺过海啸一般的日常邮件和屏幕阅读。从幼年起，我们就在漫长的夏季干旱期见过草坪上的青草渐渐焦枯，而在雨季归来时又见它们恢复至生机勃勃的绿色。既然能有此观察，我们便不难注意到靠近河边的夏季枯草相对更加青翠。

几个月前，我的大儿子自告奋勇要陪我前去汉普郡的温纳尔荒原，尽管他还带着一些犹豫。我们的共同任务是找寻水獭的痕迹。我们确实花了大量时间来嗅闻一些可疑的块状物，以期它会散发出水獭粪便特有的茉莉花茶香气。那次我们并不走运，但在散漫地调查两堆粪便期间，我指向一条长路的末端，问他认为路的末端会有什么。我指向的是一条很长的笔直的小径，此前我们并未踏足其上，只能看到路的远端生长着一丛褐色的芦苇。芦苇当然预示着水源，我认为他并不知道这一点。

“有河？”他说。这着实让我高兴了一番，它要么说明我们很容易能下意识使用这些技巧，要么说明这可怜的孩子更多地使用了这种观察世界的方式，这对于抱着电子游戏机长大的一代来说已然让人欣慰。

即使没有父母强迫，这种习惯仍旧值得我们自发养成。它能给你带来无数的乐趣，当你拜访附近的一条河或一面湖时，这种乐趣还会成倍增加。在走近河流时你会注意到植物发生了变化，又会突然发现自己被某种特别的新物种吸引并与它成为朋友。我永远无法忘却在学会将一种奇特的夏末降“雪”与附近缓慢流动的溪水联系在一起时的愉悦。据英国林业委员会称，黑杨是英国最濒危的乡土树种。我与这个珍稀树种的初次相遇多亏了它奇妙的种子，当时我看到一片白色“棉絮”飘过一条黑色乡间泥路，这条小路就在一条缓缓的溪水边。之后在与这种毛茸茸的白色种子的两次相遇中，我都注意到了同一件事——附近有水。就这样，我对这种靠风传播的如雪一般的“棉絮”种子生出了喜爱之情，也对它们的来源产生了好奇心，而将种子及播撒它们的树木与附近的水联系在一起不过是时间问题。

起初，你可能想要将主要精力集中在最大最明显的迹象上，也就是那些从很远处便可轻松解读的线索，比如预示着不远处就是河水的一排柳树。但是慢慢地你可能会像我一样，能从细微的迹象中获得越来越多的满足感。地衣对包括水分在内的很多事物都很敏感，其中有一种地衣特别能够提示附近的水源。它的学名*Fuscidea lightfootii*不怎么为人熟知，但我们可以称它为“莱特富特地衣”[19]。它很容易辨别，呈显眼的明绿色，上面零散长着一些黑斑。莱特富特地衣喜欢潮湿的空气和环境，因而在近水处长势繁盛。

在体型较小的动物中，我们可以来了解一下昆虫的生存环境。识别出正展翅飞翔的昆虫不是一件易事，但仅仅为了了解它们就将其杀死有些残忍，而捕捉它们则有些……怎么说呢，显得太热切了。自然为我们解决了这个难题，我们只需看一眼被蜘蛛网捕捉到的昆虫就会发现，离水几米之外的昆虫与离水1公里处的昆虫有着明显的差别，而处于其间的虫子则会有微弱的变化。

我们依赖眼睛观察大部分迹象，以判断自己正离水越来越近，但当其他感官也能帮上忙时，它会给我们带来很大的满足感，因此值得好好培养。海水的气味是我们再熟悉不过的线索，但这只是因为它味道很冲。在轻柔的微风中闻到淡淡的溪水气味更加令人愉悦，甚至当你从旱地上踏入刚刚经历一次局部降水后的区域时所闻到的气息也让人为之振奋。雨水将植物产生的油性物质从土壤里释放出来，并激活了土壤中的放线菌，这在一定程度上为我们带来了雨落在旱地上所散

发的独特而熟悉的气味。雨水在漫长的干旱季之后降临会散发出一种特别强烈的气味，这种气味被称为“雨后的尘土香”（petrichor）。

在后面的章节里，我们再深入挖掘这些方法中的一部分，同时，在河畔仔细聆听喜马拉雅凤仙花的果皮在一年最后一个季节爆裂时的声音。这种爆裂通常因触碰引发，倘若是你不小心碰到它，它小小的爆裂会让你有一阵轻轻的刺痛感。这股冲力能将种子发射至7米开外的地方并落入水中，从而在一定程度上解释了为何它在河边长势旺盛。喜马拉雅凤仙花不是乡土植物，有些人很讨厌它，因为它是一种非常猖狂的入侵者。作为读水者，我们没有必要研究它的优点或风险，只需欣赏它紫色的花朵以及果皮爆裂的声音，这个声音暗示了附近可能存在水源。

在世界上炎热干燥的区域，长久以来，探险者们已经掌握了那些能提示水源的植物（其中大部分都生长于极为干旱的沙漠地区），但同样他们还认识了蓄水植物。旅人蕉的叶子排列生长，但它的名字更有可能来自它用蕉叶基部蓄水的习惯。在家乡附近，了解这种植物同样富有乐趣，即便我们不需要它们来帮助生存。起绒草是一种你可能多次见过的植物，即使你不知道它的名字。它一般能长到两米或更高，通过它多刺的茎叶我们很容易能将它识别出来，尤其是它的顶部非常好辨认：夏季时，它能开出粉色或紫色的花朵，而在一年中的其他时候都是标志性的枯褐色。与其他某些植物一样，起绒草的拉丁学名颇有启发性。它的属名是*Dipsacus*，意为“对水的渴望”，这暗指了水会蓄积在它叶基部的凹陷处，之后再汇入主茎。

假如你正在城市中费力寻找水源，又极度渴望见到它们，稍微从侧面思考或许大有帮助。单引擎直升机容易在引擎故障时朝地面快速撞去，从而引发灾难。因此，按照惯例（常常还受法律约束），这些直升机不应偏离飞行路线，从而将发生意外时坠落在人口聚集区的风险降到最小。然而城市中的陆地本就人口密集，仅有少数几处例外，其中就包括穿城而过的河流。注意观察像伦敦这样的城市上空的直升机，你会发现它们有很多都在沿着一条蜿蜒的曲线穿过城市中心。这些直升机正为你在天空中描绘出泰晤士河的形状。

水还常常被收入地名中，有像“桥巷”（Bridge Lane）这样名字直白的街道，还有其他略微含蓄的地名：“河”（bourne），“溪”（burn），“川”（brook），“谷”（strath），“磨坊”（mill），“涧”（gill），诸如此类，它们都提示着附近可能有水。“aber”和“inver”来自凯尔特语，意为“河口”，或者“河水汇集的地方”，因此发现阿伯加文尼（Abergavenny）[20]和因弗内斯（Inverness）[21]有河就不足为奇了。

以上所有技能在不断打磨后，都可以成为在找到水源之前“看见”它们的有趣技艺。最后还有一个方法，就是偶尔倒回几步。假如你在不经意间撞见了水，此时便是折回去并再次慢慢走向水源的绝佳机会，只是这次你要调动自己所有的感官来发现能提示附近有水源的自然线索。在明知有水源的情况下去打探它是打磨技能的最佳方法之一，终有一天，你会发现水再也无法毫无防备地出现在你面前。

第五章 不那么卑微的水坑

水坑的低陷在于它的谦卑。它低低地躺在那里，波澜不起，温顺谦恭，不愿吸引我们的注意。只有在汽车穿过它时，它才会被人们提及，之后的谈话内容则全部围绕那位粗鲁的司机，而水坑自身却被忽视了。但不会再这样了！

水坑是一种提示：它在某一处蓄起大量的水，周围却滴水全无。这是为何？水坑并非随意形成。在这一章里，我们来了解不同种类的水坑，它们共同组成了由“洼地”水坑，“跟踪器”和“导航仪”水坑，“悬垂”、“泉水”和“地震仪”水坑等构成的大家族。

每一个水坑都说明水受到了拦截，无法渗入地下。因此倘若一个水坑持久不变，我们可以推断出来的第一件事就是水坑之下的土地要么无法渗水，要么已经饱和了。这在我们穿过乡村地区时尤为有趣，此时我们可能会注意到水坑的数量猛然增加，尽管当地并没有下雨。这说明你脚下的岩石很可能发生了变化，即便泥土的样子看起来与先前并无二致。由于岩石决定了一个区域土壤的很多特性，而土壤又强烈地影响了你将看到的动植物的种类，因此在没有局部降水的情况下，水坑数量的突变说明你周围的岩石、土壤以及动植物也随之发生了变化。

当我们问起某个地区为何在有些地方出现水坑而其他地方没有时，我们很快意识到每一个水坑都标出了当地地形的一个洼地。水在重力的作用下往低处走，因此它总是试图向下坡流动，除非有东西拦截住它。由于这个原因，非渗水地面上的任何局部洼地都会聚起水坑。

路面在建成之后带有一个拱起，好让水从中心流向两边，这正是为了避免在路中央形成水坑。于是这些水在道路两边汇集，理应会缓缓向下流进下水道。然而随着时间的推移，修路者精巧的规划会被渐渐扭曲压弯，因此我们常常发现从路中心一路到下水道的平滑曲线会产生凸起、弯曲和凹陷，而罪魁祸首有汽车、人为因素和结冰现象等。有时，在装载重货的卡车常常停车卸货的地方会出现凹地，从而形成水坑。

当道路因重修或铺设电缆而被挖开时，路面总会被重新封上，但最后用到的材料几乎总是与最初修路时用的材料有所差别。随着时间的推移，这块地方膨胀以及收缩的速率会不同于路面其他部分，因而我们常常会在新旧柏油碎石相接的地方发现水坑。下水道有时也会罢工，于是它充当了城市中的一块非渗水岩石，阻挡水沿它的引水道落下。这也会制造出水坑，通常面积还很大。

城市规划师及修路者在动工之初便怀抱一举消灭水坑的目标，因此城市中的任一处水坑都说明那个地方出了一些问题，而背后的简单原因通常都可以找到。在显而易见的观察中，我们能收获丰富的见解。

“洼地”水坑非常常见，但不是每一处都令人着迷。如果我们发现某一小块地方低于它周围地面的原因是这一处受到了侵蚀，那我们便发现了水坑家族非常有趣的一个分支。此时水坑成为可以提示某种活动的一个线索，这也意味着它成功跻身于“跟踪器”水坑的行列。“跟踪器”水坑这一类别可以给你一些提示，以了解在你之前有谁到过那里，以及他们都做了什么。

从自行车到河狸，任何东西在经过地面时都会留下痕迹，假如某一块地方更常被行过，那么这处地面就会受到磨损，还可能因这种磨损而形成小的凹陷。下过雨后，这处凹陷便会收集雨水。最严重且最显而易见的是，水会在拖拉机留下的车辙和垄间聚积成坑——我们都曾见过上千个这种水坑，并试图绕过它们。但不是所有的水坑都有这么清清楚楚的历史。

在两条小路或小径交会的地方有一块地面，那里被磨损的程度要比这两条路更严重，因为两条路的车辆都一定会经过这个交会点。这使得此处会受到的磨损翻了一番，因而地面会被磨薄，从而形成一处洼地，更有可能是很多处洼地。因此，当你走到十字路口时，“路口”水坑值得你停下脚步寻找，它们是“跟踪器”家族的成员，通常很好发现。

现在，注意转弯是如何给地面造成更多损耗的。转弯需要很大的力才能实现，而这种力量都被施加在了地面上。在每一个交叉路口，都会出现有东西在此拐弯的痕迹。在路口，通常会形成弧形的水坑：机动车转弯会留下显眼的大水坑，骑行者留下的水坑略小，而行人留下的更小，但每一种通常都迹象明显。推断出人们最常拐弯的方向相当容易，只需观察一下泥土和水坑的形状。当看见一条小路与一条大路相交，我便会推测人们最常拐弯的方向，因为这很有可能就是城镇或村庄的方向。“转弯”水坑是“路口”水坑中的一种特殊弧形水坑，二

者都属于“跟踪器”家族。“跟踪器”水坑背后的概念很简单：人或来往车辆造成的磨损越多，便越有可能会在某处形成水坑。但是简单并不意味着它就不美，脚印越浅，发现它们制造出的水坑的乐趣就越多。

“转弯”和“路口”水坑

下次当你走在一条乡间小路上，发现在一段原本平坦的泥地上出现一个水坑，停下脚步看看自己能否找到它出现在那里的原因。看向路两边的灌木，寻找是否有东西正在忙碌的痕迹。动物们有着自己的路网，獾踩过的路面宽阔笔直，很容易发现，特别是当你俯下身子从獾的高度观察的时候。还有其他很多动物，比如鹿和兔子，它们会造出自己的高速公路，在这些路与我们的路交叉之处，自然会有更多磨损。不可否认的是，跟机动车甚至是行人走过的路口相比，它们只有一丁点大，但只需如此便可让一小片地面被磨下去一点，而水当然会在降雨之后聚积在那里。

接下来发生的事情是，这些小小的水坑会在两个因素的促进下渐渐扩大。首先，在雨停之后，人和动物道路交叉留下的小坑会比周围较干的泥土更长久地保持柔软湿润。这就是说，不管是行人笨重的靴子还是田鼠毛茸茸的爪子，当下一只脚踏上那块地方，相对于旁边干硬的地面，那一处的泥土会稍微更多地被搅起，从而使得这块小小的地方磨损得更快。一种自我加强循环因而建立，水坑便会稍稍扩大。

其次，所有的小水坑都充当着生活在那片栖息地的动物们的小小水库。正如它们会前往较大的池塘和湖泊，这些饥渴的动物也会寻找水坑，从而为此处带来了更多的流量，缓缓地促进了小水坑的增长。我的狗就常常穿过路面去走道上的水坑处痛饮，特别是在长途跋涉之

后，它的饥渴会加重，便更是如此。它不过是利用此种自然水池的上百万种动物之一。

初读至此，你肯定会对兔子的优雅脚印竟会留下水坑这一事实有所怀疑。但事实就是如此，关键点在于，我们想到的往往只是一只兔子穿过小路这样的单个事例，然而自然界中很多现象都是循环往复而成的。一只兔子窜过小路可能不会留下水坑，但如果多只兔子在几个月内每天几次路过此处，或许就会在路面上制造水坑。鉴于以上原因，微小的水坑一经生成，就很有可能会继续增大，而不是消失。

一旦学会寻找它们，这些“跟踪器”水坑便随处可见。它们可以说明，一个水坑不应被视为一次随机的小意外，而应成为对我们周围发生的事情的小小提示。如果我们想要加深自己对自然的理解，那么停下脚步思考水坑出现在那里的原因这一举动常常会打开新的局面，因为我们有可能会在水坑周围发现水坑制造者的脚印。

大部分水坑周围的软泥都是发现动物行踪的理想地点，在那里事情会变得更加详细复杂。这本书并不关乎追踪，但在每次看到泥坑时，值得做一点基本的追踪练习，因为这也是水坑来历的一部分。努力辨认出是哪些动物路过了此地——例如，你很有可能发现并认出狗的脚爪印。

下面再看看你能否推断出水坑是这只动物的目的地。脚印是经过水坑旁边还是指向水坑呢？从这里我们可以清晰地看出动物是去饮水还是只是路过，并尽力不让它的爪子被水沾湿。接下来再花几分钟观察一下，看自己能否破解动物的来处以及它之后的去向。它是像狗一样沿着你站的这条路走，还是像野生动物一样穿过灌木丛去附近的地方呢？

去年的一次散步中，我在某个路口拐弯，在那里发现一个很大的水坑，水面还泛着涟漪。这是一个典型的大号“转弯”水坑，是一个农民的拖拉机在这个黑泥路口留下的。换作平常它并不会长久吸引我的注意，但那天水面上的涟漪吸引了我的目光。水坑中央有一片平静的区域，而周围却有几圈涟漪朝坑边荡去。那天没有一丝风，所以我清楚我可以把风这个因素排除出去，而且水面的涟漪图案也绝不是风引起的。除此之外，我的内心有了一个更具可能性的猜测。我向后退去，安静地躲在我来时路上的灌木丛里，一动不动，同时观察着水坑并侧耳倾听着。没错，一分钟之后主谋回来了，在此后的几分钟里我欣赏到了一只□鸟在水中洗澡的精彩场面。

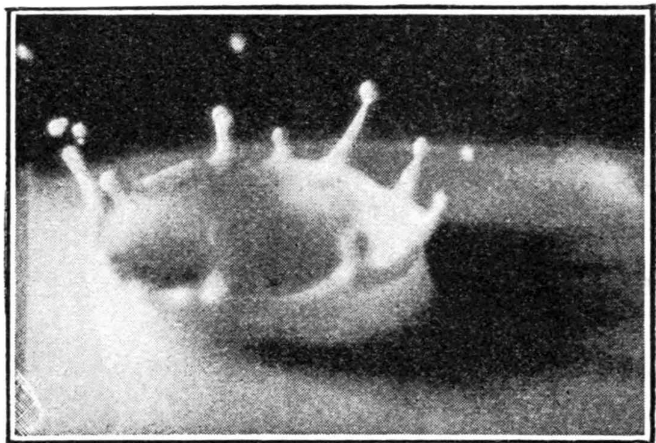
与池塘中的涟漪和海洋里的波浪一样，水坑里的涟漪也能透露出

一些东西。向坑内投下一粒石子，你会看到涟漪从干扰处向四周散去。假如水坑足够大，那你便能在涟漪从坑边反弹回来之前看到水面中央重归平静。有时，这些反弹回来的细小涟漪在彼此相撞之后会形成菱形图案和水面凸起。水面中央的短暂平静说明，不管之前是什么干扰到了水面，这个干扰目前已经没有了，最美妙的例子就是一只鸟儿或虫子飞走了。

一百多年前，德文波特[22]皇家海军工程学院的校长兼物理学教授A. M. 沃辛顿运用最新的高速摄影技术来研究飞溅到底是什么，它如何形成，实际形状又是怎样。他把他的研究成果写成了一本书，于1908年出版，书的名字恰如其分，就叫《飞溅研究》。书中有颇多有趣见解，但在没有高速摄影的情况下大部分都是很难理解的，因此在这里我只提一些和我们的研究相关的内容。

沃辛顿发现，一次飞溅中有时会形成气泡，这和液体坠落的高度相关。假如液滴落下的位置足够高，便有可能形成气泡，但低于某一高度它们则完全不会出现。他还注意到当液滴分别落入牛奶和水中时，会制造出不同的涟漪图案，并认识到液体的稠度和表面张力会给它自身带来独有的涟漪图案。我们无须像沃辛顿教授那样细致入微地研究飞溅，但此时值得花点时间一读其文字，不为别的，只是因为它能提醒我们，在这样一个简单的现象中，其实发生了好多我们难以注意或不愿意去发现的过程：

> 下次当你接了一杯茶或咖啡，在加奶之前做一个简单的实验，在高于液面15或16英寸[23]的位置用汤匙将一滴牛奶滴入杯中。读者很容易就能看出，一根水柱会从水面浮现，顶端抬着白色的牛奶滴，它只是被杯中的液体轻微染了色。
>
> 同样地，通过裸眼能够观察到一大滴雨水坠入池水中溅起的小坑。在两个例子中，我们能够瞥见的，是“静止”阶段。弹起的水柱到达最高位置后，在空中停留了一刻，之后便降落下去。小坑也是如此。正是这一小段相对较长的静止时间给我们留下了清晰的视觉印象，而其他过程因为发生太快而被忽略掉了。
>
> 但时常会出现一种错觉。我们似乎经常看到水柱竖立在小坑正中。我们知道，事实上小坑在水柱出现之前就已经消失了。然而还没等小坑的视觉影像消失，水柱的影像便叠加了上去。



沃辛顿飞溅

但如果你见到的水坑很明显不是动物或人磨损地面而形成的“洼地”水坑呢？看看它是不是“悬垂”水坑。雨水常常在树木或任何悬在地面上方的东西处汇集。苔藓是一个很好的迹象，它说明你看到的是“悬垂”水坑，这意味着一棵树或建筑上的部分雨水落在了那一块地面上，看到苔藓就可以确定那一块地方经常是潮湿的。

最有趣的一些水坑不仅仅与天空有关，也与地面有着紧密的关系。为了了解它们，我们需要考虑雨水降落在地又被太阳蒸发的过程。这带我们来到水坑中的“导航仪”家族。

成功的水坑解读者必须摒弃两个肤浅又极为普遍的假设。与大众的想象相反，雨水绝少完全垂直降落，以及除了在热带，太阳从不会出现在头顶正上方。滂沱大雨常常伴随着狂风，也就是说雨水势必会在风的驱动下以某一角度撞上建筑、树木以及山坡。这会使得水在某些地方要比其他地方更多地汇集起来。倘若你已经养成了在暴雨中注意风向的习惯，解读这些水坑并利用它们导向就相当容易了。更多时候，雨水大多在盛行风的吹拂下降落，这就意味着它会在任何障碍物的迎风面聚积，而这会使那一面形成更多的水坑。

在英国，这表明我们会在建筑物、树木以及岩石的西南面看到很多小水坑，特别在大雨之后或地面状况尤其容易形成水坑的情况下。然而，这些水坑往往寿命很短，因为午后的阳光很快就能将它们蒸发掉。因风形成的雨水坑的近亲是雪坑和融冰坑。雪花随风飞舞并在某些地方聚积，当气温升高，冰冷的水坑便留了下来。

在我以前的著作中，我曾详细地描述过在一天不同时间段内太阳

的方向变化。这是自然导航者意识中的一个关键部分，在了解水坑时却可以将它简化处理。在热带以北的任何地方，包括整个欧洲和美国，太阳在一天的正午时分都处于正南方。此时太阳发出自己最大的光和热，因而也是它的蒸发作用最为明显的时候。这就是说，任何背对着南方正午阳光的东西都需要更久的时间才能干燥，久而久之，将会导致某一面出现更多的水坑。

这听起来好像很简单，然而在利用水坑进行导航时的确会出现一些让我们略感意外的结果。当某个障碍物很高时，比如一座大楼，事情便一目了然。在背阴的北面，你会看到更多的水坑，它们需要更长的时间才能干涸。下次当雨后出现太阳时，观察城内的道路，你能见证它们的发生过程。暴露在太阳光下的柏油马路和人行道要比建筑物的背阴面干得更快；在凉爽的天气里，有时还能看到水汽只从道路的一边升起。这导致建筑物的北面出现更多的水坑。

当障碍物较低时，比如乡间小路旁边的灌木丛，这一原理同样适用，但它会带来一个结果，对很多乡村自然导航者来说这有点违反直觉。水坑仍然出现在障碍物的北面，但这就意味着我们会在小路的南边看到它们。大多数人或许以为会在小路的北边能见到更多水坑，然而在本例中南边才是背阴的那一边，正如下图所示。

水坑在小路的南边更为常见

运用水坑进行导航远比很多人想象的简单。你只需要了解风和雨水的来向，并记住南边的太阳会晒干北边的地面，给任何投下影子的障碍物的北边留下水坑。

在水坑边缘，你会发现那里的生物有所不同，正如所有水源周围发生的那样。在几英尺之外无法存活的青草和杂草，可能会在长期存在的水坑边生长茂盛。在水坑上或水坑附近你会看到很多昆虫，偶尔也会在水坑内看到生命。在干旱地区，水坑有时会成为蛙卵的家园，但不幸的是很少有蝌蚪能在这些水坑中成长为青蛙。孵化出的蝌蚪会食用所有可以食用的藻类，之后在饥饿难耐时，便开始食用自己的同类。

有可能在水坑附近出现的最大生命体是人类。有一些水坑（有时面积非常大）是地下水而不是地面水形成的，这些“泉水”水坑曾经是淡水的重要来源。当白垩岩这样的渗水岩石遇上一层不透水的岩石时，便常常会出现泉水，只要看到一处，在同一高度就很有可能出现更多处。

假如是一片开阔的旱地，发现这些泉水通常很容易，因为相比四周，它们周围的土地会更加郁郁葱葱。查看地形测量图或其他完备的地图时，偶尔你会看到上面标有一些蓝色的字母“Spr”，意为泉水。倘若附近其他淡水资源极少，那么这些“泉水”水坑附近很可能有村庄或其他文明社会的存在。人类会在珍贵的淡水四周聚集，这跟苍蝇一样。

在世界上的湿润地带，比如英国，人类栖息地和汩汩泉水之间的强烈关系常常被忽略，但在略微干燥的地方，比如欧洲南部，这种关系的表现就非常鲜明了。作家亚当·尼科尔森[24]发现，在希腊语中“泉水”一词还含有菜园的意思。在希腊，如果说你要去“*vryses*（意为泉水”），意思就不只是要去水边，而是要去生长着食物和生命的地方。

饮用泉水带有一种圣洁、原始和高雅的感觉。即便是最清澈的溪水有时也会掩人耳目——我不止一次在绕过一泓诱人的清水后发现水中泡着一具腐烂的死羊尸体或其他腐烂物。但是泉水绝不会也不可能以此种方式哄骗我们。雨水降落之后，经过岩石长时间的层层过滤，最终涌现在你面前，它不只是如杜松子酒般清澈，而且如处女般明净。

“你还好吗？”小个子的泊车员从她的机器上方问我，在此之前，还没有哪一个泊车员曾对我表现过如此的善意。

“很好，谢谢。非常好。”我答道，又重新投入工作。我拿出一架照相机，并不是因为我此时需要或者想要用它。我刚学到一招，那就是在这种情况下，照相机能安抚人们，从而帮我省去长篇大论的解

释，反正也没有人会信我。在骑士桥[25]的人行道上趴了几分钟后，我的腹部现在非常冰冷。骑士桥可能不是进行此实验的最佳地点。我看起来可能像是世界上最懒的恐怖分子，但此时我无法确定一个完美地点。在费力扭动身体并眯起眼睛观察后，我站了起来，向后退去，又蹲下来盯着看。终于，我看到了我一直寻找的东西。

“地震仪”水坑是我们可以用来监测地面和空气中最轻微震动的水坑。据说，纳瓦霍印第安人[26]仅通过将耳朵贴在地面上就能判断出是否有马匹在靠近，甚至还能推断出马的数量、速度、距离以及是否有人骑在它们身上。“地震仪”水坑背后的原理与此相似。通过全神贯注聆听大地的细微震动，我们可以学着预测出周围的都市人无法发现的东西。比如我们在等候的那辆公交车是否已经在来的路上了，或者地铁是否刚刚从我们脚下经过。为了理解这种水坑的作用原理，我们需要先研究一下双筒望远镜。

你是否曾注意到，我们很难将双筒望远镜瞄准一个距离遥远、不停移动的小物体，比如一只鸟？而在每次呼吸时你似乎又找不到它了。可能你已经意识到了，比赛中的步枪射击手对呼吸的关注和对枪的关注一样多。此二者的原因在于，事物离我们越远，细微角度的改变对看到的结果影响就越大。

再回到人行道上的水坑，如果我们看的是自己的倒影，则需一次很大的干扰，比如踩入水中的一只脚或一阵强风，才会搅乱水中的影像。但如果我们在倒影中看到的是很远处的事物，我们就能发现更加细微的角度变化，这意味着水面出现一点轻微变动就会非常明显。观察这一点的最好的情况，是在我们把远处小而明亮的事物连起来的时候。

在暮春的一个黄昏里，我沿着一条乡间小道散步，注意到金星和木星倒映在我路过的水坑里。我抓住这次观察“地震仪”水坑的机会，舒舒服服地倚在一棵树上，观察着其中一个较大水坑里的木星。几分钟过去了，什么都没有发生，但接着我注意到水面出现了一丝干扰。几秒钟之后它再次出现了。

起初我想一定是一只小昆虫，但我太熟悉它们制造出的大部分涟漪了，而这点波动并不像是它们弄出来的。水纹消失了几分钟，但之后再次出现了。这样持续了一阵子，最终我发现了这点细微干扰的来源。一只蝙蝠在水面上空扑着翅膀，从水中晃荡的木星映象中可以感受到它的翅膀扇起的微风。

水坑倒影被低估了，但至少曾有一些人探索过它们的可能。摄影

师布雷恩·波多尔斯基通过拍摄水坑中的倒影以捕捉世界，这种艺术被他称为“水坑摄影”（puddleography）。据他所言，水坑打开了“通往另一维度的一扇窗”。是不是另一个维度我不确定，但如果你找到了自己的“地震仪”水坑，在倒影中找到远处的一个物体，那你便可据此发现飞行的蝙蝠、看不到的列车或者四个在远处飞驰的牛仔。

第六章 河流与溪水

1920年代，曾有人试图依照生活在河里的鱼的种类来对河流水位进行分类，但这只取得了部分成功。上至无鱼的高山溪流，下到褐鳟小溪，又一直到米诺鱼和欧鳊生活的河流——这种方法虽然奏效却并不严谨，因为鱼虽有自己的栖息地，但是不像植物，它们会一直游来游去！水文学家、地质学家、垂钓者和昆虫学家，这些人中的每一类都有着自己对水位的分类方法，这个名单还可以一直列下去，但很快就会变得混乱不堪，毫无用处。甚至数学家也有着一套针对河流水位和变化的分类方法，并且还发明了一个公式——曼宁公式[27]，理论上它将所有因素都考虑在内，描述了河水的流速，但对河水流动的过程却说不清道不明。幸运的是，在这里我们将把水位简化为高地水位和低地水位。

一般而言，高地河较为陡峭，因为越往高处走，地形便越险峻，因此河水也更具活力。有的低地河流动甚为从容缓慢，以至于你可以跟着它的步伐往前走上1公里，其间河水水位的下落不会超过半米。这使得鉴定方法清晰明了：假如河水不时快速流动，并沿着狭窄且有时陡峭的河道奔腾而过，那么它是一条高地河；但如果河面宽阔，河水流动缓慢、蜿蜒曲折，那么它是低地河。根据你的鉴定结果，会有一些特殊的事物需要寻找。

大到巨石，小到沙砾，高地河能带动任何东西跟着自己一起奔流。观察一下河水的两岸以及它奔腾的水面，估摸一下被带动石块的大致尺寸。这能让你粗略地估量出河水在咆哮激荡时的力量。第二件要感受的事是——你能听到水声吗？高地河在很多处都翻腾着白色的水花，甚至在它们看起来并非落差巨大时也是如此。我们不是在谈论瀑布，而只是急速流过高低不平的坚硬地面上的水。它在这里向上翻腾，不时形成白色的水沫，并发出熟悉的声响。这种流水的声音实际上由空气混入水中而形成。低地河则安静得多，水本身常常默然无声地向前流淌着。

倘若仔细观察高地河中某些较扁平的石头，你可能会发现两个与河水的活动相关的线索。注意这些宽岩石顶端常见的小小水坑是怎样出现的，而别的石面上又是如何坑坑洼洼。它们是湍流冲蚀的两个明证，这是因为当河水湍急时粗砾在漩涡中被不断搅拌，从而在石块上

刻出洞和凹痕。之后这些坑内填上河水或雨水，在石面上形成了小小的水坑。

接下来，再看看干流中巨石的下游，看自己能否找到一些“背风岩屑堆”（lee scree）。每当液体带着微粒经过障碍物时，我们能从它留下的岩屑堆形状上了解水流。在自然导航中，寻找风在风道上任何障碍物的背面沉积下来的雪、沙或树叶是一个很常用的方法。它之所以有用，是因为一旦你知道风从哪个方向吹来，这些微粒的踪迹便可充当一个简易罗盘。

相同的事情还发生在急速流动的河水中，只不过在这里我们利用它来推断河水的力量，而不是方向。任何流水都会将大小不一的粒子聚集起来，当河水受到阻碍而流速减慢，比如遇到石块时，粒子便会在石块的背面，也就是下流面沉积下来。从沉积物到岩石，这些粒子的大小能够帮助我们判断河水在某些时刻的流速，因为微弱的细流可以带动泥沙，但只有汹涌奔流的急水才能移动较大的石块。

河中以及河畔的石块形状同样能够说明河水的活动。圆滑的卵石一定被水冲刷过，表面的光滑均匀暗示了它们被河水侵蚀的程度。锋利或棱角分明的石块并没有在流水中待过。想想玻璃瓶破碎后在沙滩上留下的尖锐碎片。假如它们一直留在沙滩高处的旱地上，那么在此后的几十年里它们都会是锋利的，但如果进入海中，便会变身为我们有时在沙子里发现的平滑圆润的玻璃卵石。

如果你看向低地的蜿蜒河流，便会发现河水极有可能不够清澈，难以看到水底——因为它聚积起了太多淤泥，从而变得浑浊不堪。因此这些河流的线索都要从河面上找寻。稍后我们会列举很多这样的例子，但在此刻，只需注意河水在外弯处要比内弯处流动得更快。

涨水

倘若你熟悉某条河流，那你应该已经学会了评估这条河对天气变动所产生的反应。然而，不管是否了解一条河，我们都容易做出一些简单而宽泛的假设。假如确实了解一条河，我们容易以为所有的河流都与这条河的活动变化如出一辙，而如果不了解，我们会偏向于依赖一些看起来像是共识的假设，但这些假设常常错得出人意料。

举个例子，在大量降水之后一条河会有什么变化？不言而喻，不过是基本的水循环：水在太阳的热量下蒸发，凝结成云，又化为雨落回河中——所以，雨水越多，河水的水位就越高！在一定程度上这没

错，然而这个简单关系中的一个意外难题是，河水对降雨的反应时间会依据它周围的地形而千变万化。在一段时间的倾盆大雨之后，有的河水能将汽车甚至是火车冲走，而另外一些却几乎没怎么上涨。这是为何？

答案藏在“涨水”（flashiness）一词中，这个术语被用来描述一条河受降水影响的程度。它并非随意创造，而是受到了水文学家们的重视，因为它对于测量以及预测河水的变化起着重要的作用。

我们来看几个实际例子。假如某条河附近全是非渗水岩石和土壤，比如黏土，那么落下又无法蒸发的每一滴雨几乎都无处可去，只得向下流淌，直到进入小溪再汇入河流（小溪不过是能跨过去的河）。但如果等量的雨水落在渗水岩石上，比如白垩岩或石灰岩，那它便会渗入地下，继续流淌，直到遇上地下的非渗水层。此时它便开始作为“地下水面”（water table）的一部分蓄起，并在渗水岩中形成地下水库，也就是“含水层”（aquifer）。

这些水无法再重见天日，除非它们作为清泉涌出，这通常发生在距降雨位置很远的地方，而且一般要在降雨数月后才可能发生。所以喜欢在夏季的白垩岩小溪中垂钓的人有这样一个说法：“唯一可以派上用场的雨水在圣瓦伦丁节[28]前降落。”所有在2月之后降临的雨水在秋天鱼汛期结束后才能汇到河里。

因此降落在黏土上的雨水会使当地的河水在几小时内上涨，而当等量的降雨落在白垩岩上时，几个月内都无法对当地的河流产生明显的影响。黏土质地区很容易涨水，而位于白垩岩附近的区域则完全不会这样。汉普郡的切里顿溪位于白垩岩土质的区域，因此它对天气的变化不怎么敏感，而是在相当固定的范围内稳定地流动。但是东萨塞克斯的厄克河之下是不渗水的黏土，因而它的流速和水位变化都极为不稳定。在流速最高时它流过的水量是流速最低时的1000倍，而切里顿溪的这个数字只有25。

我们如何判断河水会怎样变化？它在雨后会大肆泛滥还是几乎不变呢？横跨河面的桥梁形状是一个简单友好的提示。涨水河的水位上涨非常快，因此任何未将此因素考虑在内的桥梁在经历首个冬天时都会被冲毁。涨水河地区的桥修建得更高，桥墩也更为高大牢固，而在非涨水区域，桥梁较低，桥墩也略为矮小。因此，在同等条件下，扫一眼水面和桥底之间的距离，便能推断出河水在暴雨之后会上涨多少。在我所住的区域有一座桥名叫霍顿桥，它就很低，其原因在于桥身下的阿伦河处于白垩岩地区。这让某些人大感意外，因为它所在的这个地方几乎每个冬天都会洪水泛滥。它虽然会涨水，然而水速和水

位的上涨都很缓慢，因此桥可以修建得低一些。

任何地方都可能发生洪水，然而就水面变化而言，水位上涨的速度通常在其中扮演着更为重要的角色。一些最为危险的洪水常发生在难以预料的地方。“干谷”（wadi）通常被认为是沙漠中干燥多尘的沟谷。沙漠旅行者常常寻找干谷，因为它们的最低处生长着植物，能为骆驼以及其他动物提供珍贵的食物。然而，它之所以成为沟谷，并且比周围的土地更加深陷且更靠近地下水面，是因为当稀少的降雨发生时，这里是山洪暴发的地方。非凡的瑞士变装探险家伊莎贝尔·埃伯哈特[29]曾说：

此生我将永远流浪，热爱那些人迹罕至的远方。

然而一个地方可以无人涉足，却依然显露秘密。沙漠中的干谷在暴雨后要特别警惕。埃伯哈特便死于阿尔及利亚艾因塞弗拉干谷的一次山洪暴发，遇难时只有27岁。

城市似乎让水无可遁形，水完全无法从道路或建筑上渗下，但它仍然需要一个去处。伦敦的下水道和排水管有很多可以追溯到19世纪中叶巴泽尔杰特[30]的浩大工程，如今它们仍在顽强地应对暴雨，因此即便城内不会出现山洪暴发，泰晤士河边也时而会出现刺鼻的恶臭——一种嗅觉上的暴涨。存在多年的霉斑可以标记洪水的最高水位，因而值得在市内寻找它们的身影。人们常用它来标记当地洪水的历史最高点，这个方法可以追溯到古埃及。这些标志可以帮助我们描绘出河水的特性图，但不要落入屡见不鲜的历史圈套——以为它们标记出了可能性的上限。河水喜欢打破纪录，它们越是暴涨，打破纪录的程度就越猛烈。

在乡村地区，植物也能标记洪水。河水周边没有灌木生长（只有青草萋萋），要么说明此处之前经历了洪水，要么说明有人在这里频繁放牧，或者二者皆有。但有一些植物相当明确：草就喜欢干湿交替的地区。

地下水面

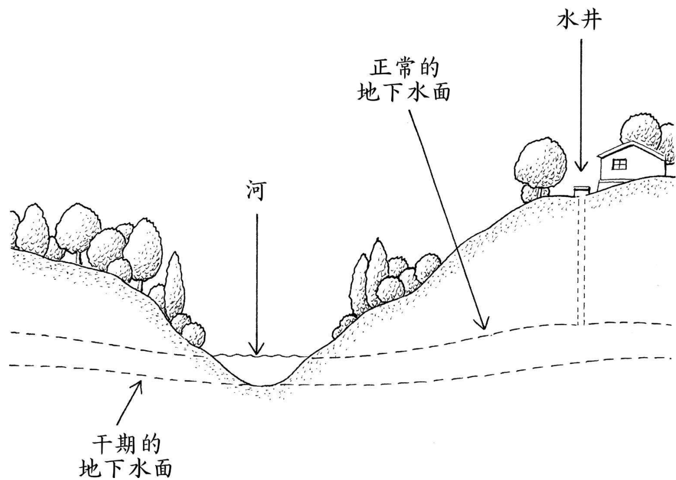
在我的经验里，探水者热情诚恳，但他们对探水及地下水有一个常见的基本误解，而在理解河水水位时这一点尤为重要。

正如我在前面提到的，雨水降落之后在重力的作用下向地下渗透，直到被非渗水岩石拦截住，并在那里蓄起。这便形成了一座地下

水库，即地下水面。

地下水面指的是饱和土壤层。在河流中它或许清晰可见，但它通常指的是土壤中已经饱和的渗水岩层这一不可见的储水层。地下水面的高度随着降雨量而起落。几乎任何地方（甚至在沙漠中）在地下非渗水岩层之上都能发现地下水面。这就是说，不管你选择在哪处地方向下钻孔，都有可能发现水源。唯一相关的问题通常是：它有多深？因此，当探水者使用探测杖或其他设备成功找到水时，他们唯有确定了水深才能令人钦佩。蒙上双眼，朝地图投去一个飞镖，在飞镖落下的地方挖掘，只要挖得足够深，你便有可能找到水。

我们如何算出需要挖多深呢？河水可以提供一个良好的提示，它对于任何挖井者或想要成为探水者的人来说都大有助益。所有河流的水位都会上下波动，但很多河流都有一个基本水位，它们绝少回落到这个水位之下。通常我们在仲夏至季夏时节或在漫长的干期之后见到的水位就是基本水位，它可以说明夏季时你周围的地下水面。（倘若一条河全部干涸，这不过预示着地下水面已经降至河床高度之下。相反，假如地下水面涨至与你周围的地面齐平，那么便会形成湿地。）



运用附近的河流预测水深

因此，如果你想要比探水员更好地做一次水源预测，就在夏天去找当地的一条河，看看你感兴趣的地面高出水面多少。这便是你需要挖掘的大致深度。

植物与动物

以下观察结果能帮你将动植物和周围的水况联系起来，这些关系在一些相当明确的推断中得到了最好的呈现。

倘若河水清澈可见，找到一座桥，看看桥两边生长的植物，并将它们与桥下的植物（不管是水中还是水边的）做比较。这帮我们强调了某个陆地上的事实，但在朝水里望去时我们却常常将其忽略：植物需要光照。在背阴的地方（一片薄薄的树荫即可），你会发现那里的植物不同于几英尺之外的地方，数量也较少。在光照较好的区域，你或许会发现像水生毛茛（water crowfoot）这样常见的“水草”，它也被叫作“water buttercup”（因为它是毛茛科[31]毛茛属的一种）。这种植物在夏季很好辨认，通常是一片中心为黄色的白色花朵。但不管你看到的是什么品种，注意它是喜阳还是喜阴植物。接下来再观察河水流经这些植物的速度。水生毛茛可以耐受一定速度的水流，超过这个速度便会被冲走，所以不要指望它们出现在高地溪流中。

假如你看到螺类贴附在水面上，那么很有可能水体变暖了一些，氧气含量降低，威胁到了水中生物的生存。可怜的螺正艰难地喘着气，这为你提示了水的气温和水中的氧气含量。

如果你在水面上发现一层绿绿的膜，走近看时发觉它们由成千上万株微小的浮水植物组成，那你看到的很有可能是浮萍。它们在静水或流动非常缓慢的水面上蔓延生长，特别当水中富含营养物质时更是疯长。水禽——比如鸭子——的粪便使得水中富含营养物质，由此浮萍、鸭子以及那片水的缓慢流动全被联系在一起，“下面那片绿色”便成为别具启发的自然之图的一部分，展现了它的水质及流速。当你发现一小股毫无遮蔽的快速水流冲过一片浮萍时，这幅景象会让你心生愉悦。

睡莲的根深扎于池塘以及流动缓慢的河流底部，能对它们周围的环境做出良好提示。白色睡莲喜欢流速缓慢且清澈见底的浅水，因此相比河流而言，它们在池塘中更常见。但如果你确实在河流中看到了它们，那便说明这条河的水极为清澈，相对平静，而且深度不会超过2米。黄色睡莲说明水可能深达5米，并且它对水的流动更耐受。然而，不管是白色还是黄色睡莲都无法经受船只制造出的干扰，因而在它们生长的区域较少有船行过。

河水在所有河湾的外弯处流动更快。这便使得外弯受到侵蚀，而沉积物在内弯处沉积。这进一步使得外弯处的植物长势弱于内弯植物，也就是说这两处的植物常常看起来相差甚远。内弯处的土壤形成时间较短，常常也极为肥沃，因而此处经常生长着繁盛的大麻叶泽兰、柳兰以及幼小的柳树等先锋种[32]。

生活在河中或河边的动物不仅依赖生长在那里的植物，还对河水的流速甚为敏感。河乌是一种羽毛丰满、体型较小的鸟，它的羽毛呈深褐色，喉部和胸部纯白，只在流速较快的河水中或河边出现。它们潜入急流之下的本领为人称道。自然录音师克里斯·沃森曾说，河乌的歌喉“音调高于急速溪流的基本频率，是在流水之处演化出来的歌喉的绝妙典范”。

河乌不是唯一喜好在急水处生活的动物。除此之外还有灰鹡鸰、红胸秋沙鸭以及矶鹬。还有一些动物只生存在低地河流的缓水附近，其中包括骨顶、疣鼻天鹅、水鸡、雁和鸬鹚，另外还有蜻蜓和豆娘中的很多类，比如闪蓝色蟌。

这幅动物“织锦”还会继续丰富，因为豆娘和蜻蜓（鉴别贴士：蜻蜓的身体要比火柴棒粗）更有可能出现在光照充足的地方，因而这些昆虫为我们标记出了缓慢流动的水和光照强度。水中的生物能够提示里面富含的矿物质，因此也揭示了周围土地中的矿物质。螯虾需要摄取很多钙质以发育自己的壳，因而它们能说明周围的土地是白垩岩或石灰岩。

将本章的两个观点联系起来，所有这些事物之间的内在联系便清清楚楚了。看到螯虾意味着周围是白垩岩，而这又告诉你当地的暴雨不会引起山洪暴发。

我们看到的动植物还会受到季节以及更短的时间周期的影响。低地河中水位最低的河流叫感潮河（tidal river），它们会受海水潮汐变化的影响。在感潮河上，你看到的生物会随着河水的涨落而变化。鸬鹚这样的鸟类喜欢退潮时的鱼甚于涨潮时的鱼。那里还有一些美丽而隐秘的生物周期；鳗鱼的迁徙易受水温、月相，甚至气压的影响。

几个世纪以来，鱼类都被人们用来判断水质，不管是鲑鱼还是褐鳟都是很好的标记。但这些标记用起来却相对效率低下且粗略不堪，因为昆虫能对很多环境变化做出更快且更为灵敏的反应。但是对于褐鳟的鳍来说，这门技艺还可以得到精进。褐鳟的鳍曾被用来指示威尔士溪流中的铅污染，因为鳟鱼尾部黑色越多，水中的铅含量就越高。这个方法十分灵验，因而获得一个名称——“黑尾判断法”（BlackTailing），它被用来检测废弃矿井中的铅是从哪里进入水域的。

由于鱼类、昆虫及植物全都彼此依存，且都生存在水中，因而判断河水健康最简单的可行性指标便是生物的多样性。

苔藓与藻类

当我们走在高地溪水边，我们很容易把水中绿色的斑点看成是一大块散漫而无定形的绿色东西，但这样我们就错过了一个读水技巧。通常苔藓和藻类很好区别，尽管理论上它们有成千上万个种属。这是因为我们已经习惯于在陆地上看到并识别出苔藓，而它们在水中的形态并无不同之处——紧紧附着在石块上的团块或片状物。藻类有很多不同的形态（包括海藻），但在水中它常常呈细丝状附着于石块之上，摇摆时像头发一样飘逸，很容易识别。

一旦我们认出苔藓和藻类的差别，便很容易发现它们如何能够提示不同的现象。但首先它们具有一些共同之处：苔藓和藻类都需要光照以进行光合作用，因此光照强度会显著影响它们的生长。（在夏季，根据一周之内的光照时长，我能大致估算出每个周末需要多长时间来清理我家池塘中的藻类。）

溪水中出现苔藓和藻类说明此处几乎常年不断水，因为两者都无法在干旱的环境下生长，假如苔藓常常缺水，它便无法繁殖。泥炭藓——色调不一的刺状、多水孔植物——是最为敏感的苔藓之一，因而它可以说明周围的环境常年潮湿。注意，唯有在水位稳定的溪水中你才能够看到苔藓和藻类。在全年有水的干流两边，你常常会看到有些地方有溪水猛涨留下的水道，但之后这些水道又会干涸很长时间。这些地方寸草不生，完全看不到苔藓和藻类的影子。

下面要注意的是一个区别。苔藓只在那些稳固的、不会被水移动的石块上生长良好，而藻类却可以在流动性更强的地方短暂地涌现。那句老话没有骗我们——“滚石不生苔”，因此苔藓为你指出的是溪水中石块稳固的地方，从而提示你在蹚过溪水时应该把脚踏在哪一处。苔藓和藻类当然都很滑，但苔藓相对来说好一些，至少生有苔藓的石块在近期内肯定没怎么挪动位置。

（如果你需要蹚过很多的河流与溪水，总有一天你会不慎失足。假如水速很快，在跌入水中后最好尽快将脚指向下游的方向，因为我们要避免让自己的头部撞到什么东西。记住，假定水速上涨的因数为“2”的话，它能够带动的物体大小会飙升到“64”。）

像大多数植物一样，苔藓对pH值比较敏感，而它们的种类常常随着河中的石块而变。假如你看到两种不同的苔藓生长在彼此紧挨的两块石头上，仔细观察一下这两块石头。有可能其中一块是从地质不同的区域被冲下来的，这说明上游的水和土壤的特性可能大为不同。

淡水中出现藻类说明水中富含营养。即便是最清澈的溪水中，生长一点藻类也是正常的，但藻类的突然暴发便说明出现了不平衡：富含磷酸盐或硝酸盐的物质从上游进入了水中，污染源头很有可能是化肥或工厂污水。同样地，做仔细区分可以帮助我们解决谜题，因为每一种藻类都对某一种化学物质特别敏感，因而如果我们有心便可以推断出答案。

河岸标记

我们再来看几个水边的特殊标记。不妨注意一下你所处的地方是否有牛群经常到水边饮水，因为这会对河流本身产生巨大的影响。奶牛重重地踩进水中，慢慢破坏了河岸，使得小溪越来越宽、越来越浅，溪水也更加浑浊，从而影响了水中的植物。由于这个缘故，农民及其他人会采取一些措施来阻止牛群到水边去。除了栅栏，看看河水边是否有沟渠流淌，因为这些水渠中的水流速很慢，因而在其他方面条件相同的环境下，你有机会比较动植物是如何随着水速的变化而改变的。

树木对河流产生的效果几乎与牛相反，它们能加固河岸，抵抗侵蚀，所以我们才常常发现河道在岸边有树的地方变窄，那里的水流也略为受限。（严格来讲，河水在那一点并不是“变窄”了，它只是没有变宽。）如果看到一排柳树（这种可能性很大，因为柳树属于少数树根浸水才能茂盛生长的树种），看看自己能否看出它们的树龄沿着某一方向变小。河边的柳树，尤其是爆竹柳，能通过从上游冲下来的幼枝进行繁殖。表现之一是在某一方向上，这些柳树有着稳定的树龄差，它们全是一个性别，要么都是雄树，要么都是雌树，因此都长着一样的柔荑花序。

环顾四周，找一根伸到河面上、沾着白色斑点的枝条或者栖木。这根枝条很有可能是翠鸟栖居的枝头。在一个陌生的地方，栖木通常要比翠鸟本身更容易被发现。翠鸟只在某一个地盘活动，因此一旦发现它的栖木，接下来就只需等待它的出现了。翠鸟是河水状况良好的又一表现。假如你怀疑有翠鸟在这一带生存，检查一下河岸边是否有一个高尔夫球大小的洞。崖沙燕会在沙岸上挖一些大小相似的洞，但它们是群居性鸟类，所以在同一区域会出现很多这样的洞。水□的洞一年到头大部分时间都浸在水下，但在夏季干旱期水位较低时它们便会显露出来。通过排除，在这些时间之外，刚好高于水线的洞更有可能是水鼠洞。

相比在夜间活动的水獭自身而言，它们在某一区域活动的迹象更

容易被发现。尽管水獭的数量在经历了20世纪的惨淡后出现了或多或少的繁荣，研究一下你观察的河流是否是水獭的家园仍是个不错的主意，因为它们依旧数量稀少，很有可能会让人失望。如果它们确实存在，在桥下以及水边很低的树枝或树根处寻找一下它们的粪便。水獭非常狡猾，它们喜欢游到下游，但去上游时又会抄近路，因此如果做一点追踪，你便常常能够在溪水转弯处的地面上发现它们的捷径。倘若你想要在夜间找到水獭，那就竖起耳朵，因为它们时常会发出很多声音，大部分是“唷”声，特别是周围有很多水獭幼崽的时候。

不管是不是水獭的家园，我们还可以检查一下水边某些地方的草是否被压扁了，因为喜湿的动物喜欢将岸边的草“熨平”。旁边泥土中的脚印便可暴露“罪魁祸首”——很多人对于獾通常是真正的主谋而不是水獭或其他水生动物感到意外。如果水中有食物可以获取，獾便非常乐于潜入水中；它们会游过河水来到岛上，在游回之前将那里的鸟蛋一扫而空。

假如看到一只苍鹭盯着水中，注意仔细观察它的脖颈。苍鹭常常以惊人的速度出击，除非你一直小心观察，否则便会错过。征兆在于它们的脖子微微弯曲的方式，呈现出轻微的“S”形曲线。

水文要素

观察过如此之多与水环境相关的迹象之后，该是调整归零回到水本身的时候了。最好找到一个可以向远处观望的有利位置——低地河上大小适中的桥是一个理想的观察点，凸起的河岸也不错，甚至是一棵树也可以。

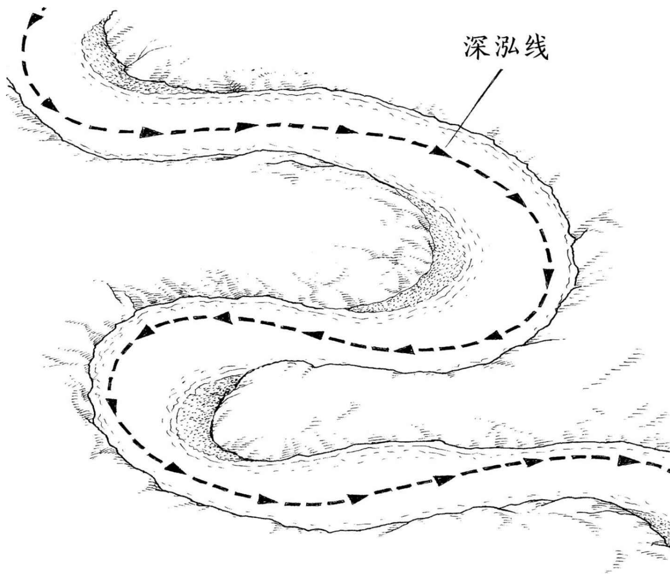
仔细观察河中央和两边的水流，注意中央的河水流动速度要快于两边。一般而言，河流两边的水速只有中央水速的四分之一。在两边，河水因为两个因素而减慢：一是水流与河岸接触时，河岸的摩擦力减缓了水流；另外两边的水较浅，因而流速也慢。

也就是说，想要稳赢“维尼木棍”[33]这个游戏，最简单的技巧就是你应该始终如一地将自己的木棍尽可能地丢在河面中央。在我的孩子还小时，我会确保让他们站在桥的中间，但几年之后他们就是青少年了，很快我该偷偷地重新占据这个有利位置了。内心深处我是个浪漫主义者，所以我并不喜欢“维尼木棍”这样的游戏被简化为如此简单的一个概念。幸运的是，正如在自然界中常常发生的那样，简单之下自有深意，这也是读水者和“维尼木棍”高手们应该意识到的。复杂之处隐藏在一个略为陌生却非常美丽的词语——“深泓线”（thalweg）

中。

深泓线是山谷中最深的一条线，不管谷底是否有河水在流动。它被迥然不同的群体所利用，其中包括律师和水文学家：前者用它来解决界线纷争（当两个领地在河谷处交汇时，深泓线通常是法定的财产分界线），后者则用它来描述河中最深、流速最快因而也是最具侵蚀性的一条水线。

深泓线自身当然位于水下，如果有水在流动是看不见的，但有趣的是尽管深泓线常常靠近河面中央，却很少位于正中间，因为河流从不是完全笔直的。事实上，哪怕河流出现再小的弯曲（通常都会有），它都会略微向外侧河岸处蜿蜒。对于在水上赛船的人来说这个知识非常关键，但即便不赛船我们仍然可以试着找找深泓线，只需在一条看起来相当笔直的河中央附近寻找水速轻微变化的界线。



泥岛的诞生

在研究河水的水流时，或许你会发现水速会因为并不直观的原因而变化。如果真的发现水速在变，那么记住，河水在流经浅滩时会降低速度，在流过凹槽时则会加速。这就引出了一个奇怪的“先有鸡还是先有蛋”的问题。河水一旦减慢，便有更多沉积物落下，这就是说河水在流经较浅的泥岸时会降低速度，使更多的泥沙沉积下来，该处也随之增厚。同样地，河水流过河床中的凹槽时会加速，沉积物于是

减少，对河底的侵蚀增强，从而使凹槽加深。就这样，河床中的深槽渐渐变成更大的空洞，而溪流中小小的泥岸却逐渐变大，最终形成泥岛。然而，这两个过程哪一个先发生呢？是水速减慢将泥沙沉积下来，还是泥岸减慢了流水？这个问题有时很难回答，但能够理解为何水中的一小片泥土似乎在越长越大也是不错的。

在流速最慢的河段，也就是河水几乎停滞的地方，最精细的泥沙在那里沉积。如果你曾踏入河中游泳，或许会对此有所体验，因为很有可能你挑选的地点是水速非常缓慢的岸边。在这里，土地与河水的界线变得模糊，当你的脚趾陷入精细的泥沙，几乎一脚就能踩到下面结实的泥土。在河水流动缓慢处，这些非常精细的泥沙区有一个绝妙的名字——“牛腹”（cowbelly），因为腹部是牛身上最柔软的部分。

一旦一座泥岛得以形成，它便开始对水的步伐发号施令。它将溪流分成两条，每一条都与普通溪流别无二致，其中中间的水流较快而靠近泥岛和外岸处的水流较慢。因此河中的一座孤岛，或者甚至是溪流中的一块石头，都能制造出两股急速的水流，它们被四股较慢的水流所包围。如果河面在泥岛附近变宽的程度并没有超过泥岛所占据的空间，那么事实上它挤占了水道。仔细查看一下泥岛两边的溪流，你会发现那里的水流速度实际上要超过泥岛前后的干流的水速。泥岛的角色就像是堵在水龙头处的拇指，限制并加速了水流。

漩水

每当液体流过使其减速的地方，它便会在那里旋转起来，这种打旋会形成涡纹。不仅水是这样，空气和其他气体也是如此。观察房子上飘起的雾或烟，你会很快看到它们是怎么被搅进圆周运动中去的。沿河而下的水在流过突出物时，这个突出物可能巨如桥墩或小如树上伸下的细枝，河水便开始在紧挨着突出物的下游处旋转。这便是漩水（eddy）。让人惊叹的是，这种液体现象背后的物理学原理乃是最为复杂的科学领域之一。1932年，物理学家霍勒斯·兰姆[34]在一次讲演中用以下话语幽默地将此加以总结：“我如今已是耄耋之年了，在我死后进入天堂时，希望我能明白两件事。第一是量子电动力学，第二是液体的湍流运动。对于前者我相当乐观。”在兰姆说了这些话后的几十年里，事情并没有变得更加简单。但有一个简单的事实：在这些漩水中你看到的图案是完全独一无二的，同一个图案不会再在其他任何地方出现第二次。单单出于这个原因，它们便值得一看。

由于漩水中的水在旋转流动，自然地会有一些水的流动方向与河水流动方向相反。通常的情况是，好几处漩水组合在一起形成一股稳

定的水流，其流动方向与河水正相反。这会在河面上形成一小股稳定地朝与主河相反的方向流动的溪流。这股逆流在靠岸处最常见，那里的河岸降低了河水的流速。它们总是远远细于河水，流速也绝不会超过主河。

让人迷惑的是，“漩水”一词被用来指称液体经过障碍物时所形成的环流、打旋及涡流，但它同样还指漩水引发的与主流相反的逆流。假如沿着河边一路观察，你肯定会发现这些细细的水流在缓缓地向河水的上游流去。如果很难发现，那么可以去寻找朝相反方向漂流的漂浮物（不管有多微小），因为相对于水本身而言，我们的眼睛更容易认出这些漂浮的东西。

即便在近处看不到这些漩水，你还可以从远处注意到它们产生的效应。假如从桥上沿着河水扫视，注意河水的两边从远处看起来要微微地“发皱”，由于没有哪两个河岸完全一样，因此河水每一侧的褶皱都是独一无二的。我家附近的阿伦河穿过阿伦德尔镇，在河水的一侧，河岸用平滑的水泥和钢筋筑高以修建房屋，而另一侧的河岸则是更为自然的泥土与杂草的混合。河水流过天然的这一侧时，这种发皱的效果——也就是很多细细的漩水汇集在一起——就非常明显，远远超过对岸。

一条河的威力越大，漩水也会越强大，哪里有湍急的洪流，哪里就会有猛烈的漩水，壮观到足以为自己赢得声望，甚至是名字，比如美国大峡谷的“坚毅漩水”（Granite Eddy）。在河水快速朝某一方向流动而漩水猛力朝相反方向流动的地方，有一条湍急的水线，它标记出这两股水流的分界线，被称为“漩水栅栏”（eddy fence）。在平静的河水中，漩水乖巧可爱，栅栏也很难发现，但是随着水流变得强大，那些曾遇到过这样湍急水面的人，比如急流上的皮艇划行者，无一不认识并深深惧怕这些栅栏。他们会用“闯入”或“挣脱”某处漩水这样的字眼来描述自己的经历。用皮艇向导丽贝卡·劳顿的话说：

> 在科罗拉多河，漩水称霸水面。它们凶猛暴烈，庞大贪婪，巨大的吸力能使“伊丽莎白女王号”偏离航线。漩水栅栏处的水流翻腾到高空中，你不得不借用梯子向远处瞭望。

这可不单单是夸张的说辞。在18世纪晚期，西班牙军方的纵帆船“苏蒂尔号”在温哥华岛附近的水面上陷入一处巨大的漩水，船上的水手称整个船身被360度旋转了三次，这让他们感到天旋地转。还有很多人曾遭遇过漩水，却未能活下来为我们讲述。

但我们无须这样野蛮的力量或尺度来发现、见证并欣赏漩水。在

最轻柔的溪流中都能见到它们的倩影。列奥纳多·达·芬奇为这些小小的漩水着迷，曾将它们比作女人编起的头发中飘逸的发卷。仔细观察任何漩水，你会发现它还会制造出自己的小漩水。1920年代，英国的一位博学家刘易斯·弗里·理查森很欣赏这一点，因此作了一首斯威夫特式的短诗来咏叹它：

大漩水生出小漩水，

后者赖于前者的速度，

小漩水又生出更小漩水，

如此便形成黏度。

有一种形态略微不同的漩水，它在河水流经突出物或缺口时在水下形成。这会在水面之下形成一种打旋的涡流，刚开始无法被看到。然而过了一会儿，这些漩涡又会回到水面上，并制造出一种清晰的向上流动的效果，也就是局部的水流上涌。有时，如果你站在桥上看向河水的下游侧，你会清楚地看到这些涡纹回到水面上，它们通常在完全打破一片平静水面时看起来最明显——这好似一个人从河底向上喷射水流。

假如河水流动非常轻缓，这种效应常常比较微弱，因此在水面形成了一种轻微泛着涟漪的隆起，这只有在特定角度并且光线合适时才能看到。有一种效应，你或许最先在急速流动的大河上看到了它，之后又在较为缓慢的小河上见到，或许几个月后，当你躺在一条细弱的小溪边观看落日时，你又发现了这种极为模糊的小型图案并认出这位老朋友来。以上提到的这种漩水便是印证这种效应的绝佳例子。

浅滩、水潭、静流及其他有趣现象

我们看到的河流不会永远笔直前行。河水沿直线流淌的距离不会超过它们宽度的10倍，这就是说如果你发现一条河没有弯曲，那说明你看到的是人类修补后的结果。运河在很长距离内都是沿直线奔流，但它们是人工河，最好把它们看作是又长又窄的池塘，因为相比于一条天然的河，运河的河岸以及河水的变化与池塘有着更多的共同之处。

按照以上逻辑，河面越宽，它可以沿直线奔流的距离便越长，但即便是最为宽阔的河流也会弯曲；当它开始弯曲时，便会出现一些有趣的现象。此前我们已经了解过河水在外弯处的流速要大于内弯处

（深泓线也是靠近外弯）。流速快的水会侵蚀，而流速慢的水能沉淀沉积物，这就意味着一条蜿蜒而行的河流绝对不会是固定的形状，而是在时刻变化着。每一天，粗砾都会在外弯处被冲刷落下，然后沉积在下游的内弯处，但是日积月累，河曲自身实际上会向下游偏移。在蜿蜒河流的航空相片中能够看到这个现象，有时将旧地图与新地图做比较时也能发现这一点。或许我们都还记得，在地理课上我们曾学过河曲有时会被河流截断，从而形成牛轭湖（ox-bow lake）。

我们很难想象一条缓缓流动的小河能在坚硬的地面上开辟出道路，但是设想边长为普通人身高的一块水立方，它的重量几乎高达3吨，所以它无须快速流动便可造成很大的破坏。外弯侵蚀与内弯沉积之间的差异也会使得两处拥有不同的形状和剖面。外弯会渐渐发展成一个小小的垂直如峭壁一样的岸，随着时间向后缩退；而内弯会形成一片浅浅的沙石洲或泥洲，并日渐增大。

假如水在蜿蜒而行的河流或小溪中急速流动，你不会看到在低地广为蔓延的河曲以及在课本里学到的东西，但仍旧可以发现一些一再出现的有趣形态。我觉得这些水的形态要比广为人知的河曲更令人着迷，因为它们随处可见，尤其是在高地河中。然而，倘若你并不认识它们，它们便毫不起眼，成为“美丽风景”中又一不可见的组成部分。

当水快速流过多石的区域，它会将砾石向前带动一段距离后再沉积下来。在很多砾石沉积的地方，形成了一个天然的屏障，它会使河流或小溪转向。有趣的是，这种情况的发生会依照某些明确的节奏。

快水和慢水会交替出现，并且按照一种特定的方式发生。快速流动的水面或许以拟声手法被称为“浅滩”（riffles）[35]，而流动较慢的区域则被称为“水潭”（pools）。

如果一条河没有进行人为的修补，那么每一段5倍于河宽的水面上都会出现一处浅滩——水潭。因此，假如你沿着一条10米宽的河走上100米，你应该会见到两处浅滩——水潭。与我们已经了解过的很多水文要素一样，这些特征并不是只出现在壮阔的河面上，这一点颇能令人感到满足。即便是最细小的溪流里都会出现这些要素，事实上在相同的距离内，它们还能展现出更多。

浅滩和水潭

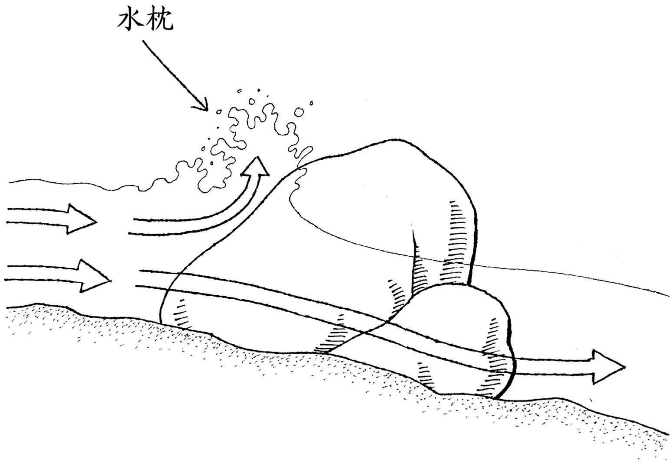
浅滩很容易识别，因为那是溪流最为险峻的地方，浅浅的溪水在石块上迸溅出白色的水花，并且发出很大的声响。水潭同样很容易发现，它们是深邃、流动缓慢的平静水面，通常紧挨河曲的外弯处。在浅滩和水潭之间你会看到静流（glides），它们通常出现在水潭的下游处，流速介于水潭和浅滩之间，水面平展光滑。

在走过湍急多石的河流时，寻找这些要素是一种乐趣。但如果你想了解河中的情形，它们则非常关键。此外，正如我们在下一章会了解到的，它们事关生死，不仅对读水者来说是这样，对于水中的生命亦是如此。

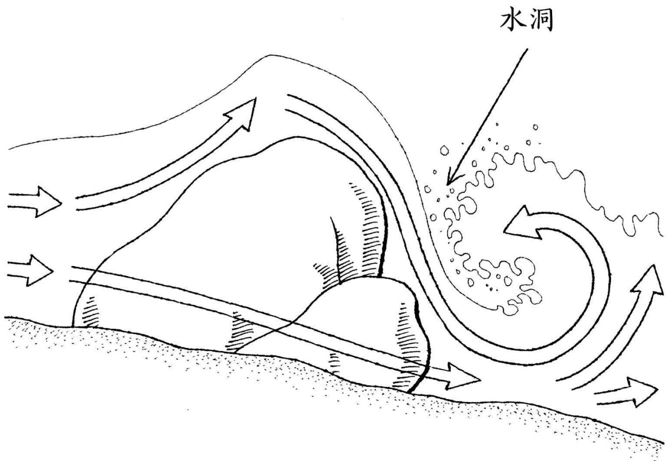
当皮艇靠近湍流时，划行者们一定得小心应对这些危险的要素，当然还有那些有趣的要素。划行者们对于撞上巨石后水中状况的观察能为我们提供有益见解，甚至在解读溪中小卵石周围的水纹图案时，它们也能派上用场。

容易理解及发现的最为简单的一种水文要素有一个别称：“水枕”（pillow）。每当一股强劲的水流冲上溪中的石块或桥墩之类的其他突出物时，它便会在障碍物的上游侧隆起。与我们在流水中看到的很多现象一样，水枕同时是静止和流动的。水每分每秒都在变化，尽管水枕的形状或许会稍稍发生改变，但只要水流不变，它就几乎稳定不变。那些坐着皮艇，向最大、最具威力的白色湍流划去的人会把预示着巨石的水枕看作小小的水丘，但对我们大部分人而言，我们可以在较小石块和卵石的上游侧找寻这些小小的、粼粼的突起。望着一片

树叶在它上面涌动并想象着叶子的旅程是一种乐趣。



划皮艇的人惧怕一种水文要素："水洞"（hole）。当水流过水下的岩脊又突然落下时，它会骤然加速并跌落至现在低于周围水位的地方，这便在水中临时形成了一个"水洞"。由于以下原因，水洞既危险又有趣。水面试图恢复水平，因此水洞周围的水便会往回倾注以填满这个洞，略微怪异的是，水甚至会通过逆流来填补它。因为水仍旧在岩脊处向下跌落，结果便形成了一种令人费解的危险的平衡，其中向下流动的水还在生成水洞，但水往回流动想要填补这个洞，于是形成一股持续向上游的逆流，这又常常引发一种仿佛往回走的静止的波浪。波浪并不会向上游传播，但它似乎想要向上游冲去，却没有移动。



可以想象，在乘坐小船遇到这些巨大的水洞时要特别警惕，而陷入并困在两股水流之间是每一个划艇者的噩梦——多年以来它们夺去了很多人的生命。然而一旦认识了它们，我们便可以在较小的层面上观赏它们。我曾见过的最令人心醉神迷的一些水洞比我的手还小。水洞是急流中很重要的水文要素，因此它们还有很多别名，比如“水力”（hydraulics）和“水塞”（stoppers），但我还是更喜欢水洞，因为这个名字能让我们想起水下发生的情形。

很快，诸如水枕和水洞这样的要素开始让人感觉它们更像熟悉的动物，而不是没有生命力的东西。对我来说，花上一小时寻找它们和追踪野生动物一样让人陶醉。

第七章 上浮

塞缪尔·约翰逊博士[36]曾有言：“垂钓就是一根杆子加一根线的消遣— 一头是虫子，一头是傻瓜。”汉弗莱·戴维爵士[37]反驳说它更应该“一头是飞蝇，一头是哲学家”。我前往峰区[38]旅行时，心里已经确定哪一位的话才是真言，但我计划自己做一些调查。

当我和斯图尔特·克罗夫茨在峰区的卡斯尔顿村初次见面时，他握了握我的手，在松开手之前，他用浓浓的约克郡口音向我保证，我们很快就会同河水探讨起那些它乐意向我们倾诉的事情。

斯图尔特描述自己是三分之一的钓鱼者，三分之一的昆虫学家，还有三分之一被一种对大自然孩童般的热爱所占据。我已做好和他共度一天的安排，好帮助我细微调整自己对某一区域的水的解读。我既非钓手也非猎手，老实说，我从未有过想要成为两者的强烈愿望，但我一直都对猎手和钓手为自己在自然界中的生态位所发展出来的智慧抱有敬意。这种智慧常常能为在户外的他们带来一种沉着的自信，也会让他们产生一些小小的自我贬低。斯图尔特讲起当他试图用钓到的一条鱼来赢取年幼女儿的崇拜时，他女儿开玩笑说：“恭喜，你刚刚骗到了一个脑子只有豌豆大的生命。”说到这里他大笑起来。

当我们能够体会抓鱼只是钓鱼乐趣的一个非常微小的部分时，我们才有可能理解飞钓[39]者的技艺和激情。这个男人将自己清醒的每一刻都尽可能贡献给了这项运动以及它周围的自然，我问他，如果他得知这辈子再也不能捉鱼会有什么感受。

“丝毫不受影响。”他平静而真诚地回答我，让我没有理由怀疑他。我明白他的意思。干蝇飞钓或许可以追溯到基督时代的马其顿人，但是维多利亚时代的人开始将它纳为一种消遣娱乐的手段，正是在此时，它完成了从口腹之食到精神甘露的飞跃。最近在此领域颇有声望的布赖恩·克拉克讲得很好：“它的全部精髓在于思想……专业人士想的更多的是怎么做以及为什么，而不是做什么。”克拉克相信，重要的不是你拥有的工具或者使用的技术，而是你对周围环境的理解。因为飞钓关乎对水、鱼以及它们所食昆虫的了解，并且能够认识到即便是最弱的微风甚至一朵云掠过太阳都能改变一切。

我们常常谈起环境的微小变化能够带来广泛影响这样的观点，但在飞钓中你能切切实实地看到这种效应的发生。飞行的昆虫时时刻刻都处在它们短暂生命的边缘，它们在飞行这一事实本身就是一种危险的平衡，这取决于它们身体中的水分含量（很多昆虫都死于脱水）以及身体温度等因素。当太阳溜到一片云的背后，昆虫的身体会稍稍降温，其中有些便丧失了飞行能力而从空中掉落在河里，那里的鳟鱼正等着它们落入口中。正是这种对事物的敏感度铸就了钓手。

“钓鱼绝少要靠运气。”斯图尔特告诉我。我笑了起来，以为他在开玩笑，可他又说他是认真的。他有着极佳的幽默感，但又不会让笑声冲淡重要的东西。

斯图尔特并不倨傲于自己的学识，他谈起任何人与事都是亲切友好的语气，包括那些“无法区分大黄蜂和牛蹄”的人！与每一个真正热爱自然的人一样，斯图尔特是对环境敏感的典范：他不仅对周围发生的事情高度敏感，也对自己所造成的影响了如指掌。按当天的路线，我们要朝下游走去以确保生物安全，这样我们不小心带上的任何生物都能够被带至安全的地方。在敏感的生态系统里（当然所有的生态系统都是如此），往上游走并来回出入河水会将有害的侵染物捎带至先前纯净无污染的水中。相反，向下游走便不会给喜马拉雅凤仙花和通讯螯虾这样的入侵物种以可乘之机。

从一条路上走下来，我们穿过一片酢浆草地，靴子踩在林中厚厚的针叶上嘎吱作响。沿着一条在黑色泥土中缓缓流过的小溪刚走了几步，斯图尔特停下把手伸进水里。他用手指搅起泥沙，之后等着它沉淀下来。就在那里，在一个我从未想过要寻找的地方，竟然充盈着丰富的生命。无论我多么努力地提醒自己别总是忽略昆虫，我仍旧低估了周围昆虫世界的丰富多彩。不夸张地说，在你家的后花园里就能发现一种未被人类所知的昆虫；这样的事最近刚刚发生。想象一下，能让一只昆虫以你的名字命名，因为你有足够的勇气在离家几米远的地方搜寻，这是多么美妙啊！

水沿着山坡汩汩而下，带走了被搅起的泥沙，只留下一小摊光秃秃的碎石块，上面蠕动着几十只淡水龙虾。几秒钟后，我们观察起大蚊的幼虫和一只石蛾。

“这些虫子都很美妙，但它们意味着什么呢？”我问斯图尔特。我已经提醒过他，我的好奇心都是受理解线索、迹象以及形态驱使。只有在我理解了生物想要传达的信息之后，它们的美才能真正地为我绽放。

“淡水龙虾是个好兆头，它们说明水中的氨含量一定很低，因为淡水龙虾完全无法耐受水中的氨，从而说明上游的水没有被排入任何人类或动物的排泄物。这一小群昆虫同样证实了这条小溪流动缓慢，慢到溪水浑浊不堪。”这两件事被联系在了一起，这对昆虫乃至鱼类都至关重要，因为流动缓慢且充斥着泥沙的水环境是与流动迅速且纯净的水环境完全不同的生物栖息地。

我们向下凝视着小溪，同时讨论起很多人是如何热切地希望当地的水域尽可能地不遭污染，但我们又主要依赖政府和其他第三方来获取水质是否原始纯净这样的信息。偶尔，人们会注意到鲑鱼又回到了河里，但对于眼下的状况，鲑鱼是一个滞后的标记。如果担心通向河流的管道排出物，我们只需观察水中的昆虫，便可得出自己的结论。通过观察并比较管道上游和下游的水中发现的不同昆虫，政治家、企业或其他任何人都无法掩盖真相。

斯图尔特指向一块扁平小石上的一群小虫，它们在溪中搭起了像窑一样的小巢。斯图尔特解释说他在那儿看到的舌石蛾（*Agapetus fuscipes*）[40]需要至少连续一年保持高品位的水质，因此它表明在过去的一年里，水没有受过一天污染。它们同样说明此处的溪水稳定可靠，泉水不太可能会在夏季干涸，因为这种虫子无法忍受干旱。其他生命周期更长的昆虫表明，水在两三年里都保持着洁净流动。

昆虫是自然让我们感知时间流逝的一种较为巧妙的方式。任何到过苏格兰高地的人都可能讨论过在那儿避开恼人蚊蠓的最佳时间，但想要理解昆虫和鱼类行为之间的关系，还需要一种新层次的认识。以鳟鱼最喜爱的一种食物——蜉蝣为例，它在泥沼中生活两年后又会在空气中待上一天[41]——它没有胃，因为根本用不上胃。对于鳟鱼钓手来说，了解那一天会在每年何时来临让人充满了期待，因此任何昆虫孵化的线索都是解决钓手疑惑的重要部分。

“鹡鸰是一个确定的信号，说明有一群苍蝇即将孵出。”斯图尔特告诉我，“还有大河上不知从哪儿冒出来的红嘴鸥也是如此。会动脑子的钓手会直接往这个方向去，因为如果红嘴鸥在捕食新孵化的昆虫，那鱼也会这么做。”

从为昆虫提供早期花粉及花蜜的柳树柔荑花序，到水温的最细微变化，河流、小溪以及它们的两岸应对着从春到秋飞虫的一系列暴发。正如有些野花的名字（比如圣约翰草[42]）来自开花日期与节令的巧合，钓手的鱼饵也获得了丰富且有用的名字：圣马可苍蝇在圣马可纪念日，也就是4月25日前后孵化。判定一个钓手水平最快捷的一个方法，就是询问这个人对昆虫的了解。对于那些捉襟见肘的人，有

一些万能表达可以使用："olives"一词可以代指很多类昆虫［正如观鸟者常用"LBJs"——"棕色雀形目小鸟（little brown jobs）"这个词一样！］，但真正的行家会仔细亲身观察，通常还带着放大镜一看究竟。

斯图尔特和我向下走了一小段路，穿过一片幽暗的松林，经过一位担惊受怕、牢骚冲天的牧羊人，最后来到一条在明媚的阳光下闪闪发亮的小溪边休息。一只红襟粉蝶好奇地过来对我们探究了一番，发现没什么意思后又飞走了。斯图尔特握着网踏入溪中，很快把一只白色托盘拿到我眼前，里面倒入了一些新朋友。

"几条尾巴？"斯图尔特问。

"呃……三条。"我答。

这样的问题或许能够帮助我们理解动物界中令人畏惧的部分，并为它们轻松梳理出头绪。如果这只虫有三条尾巴，那么它属于蜉蝣的若虫阶段，也叫蜉蝣目或"翘翅膀"。如果它只有两条尾巴，那便是34种石蝇若虫之一。倘若走近观察，蜉蝣蠕动起来像海豚，而石蝇则像鳄鱼。

假如浸淫在水生昆虫的世界里，你会遇到"若虫"和"幼虫"这样的词语，它们代指还未到成熟期的昆虫。值得一提的是，它们不是同一种昆虫的两个不同时期，而是到成熟期会变态和不会变态的两类昆虫的区分方式。若虫指的是会生出翅膀并在空中飞的虫子，但它并不会变态，而幼虫会变态成一种全新的形态[43]。但是当心一点，课本里为了省事会将这两个术语不加区分地混用！

我正在欣赏的这个三尾小生命是"附石者"蜉蝣的若虫，它能够利用头上水流的压力来依附在岩石上，从而获得了这个名字。它是水质极佳的信号。斯图尔特解释说，倘若知识储备丰富，我们能够从发现的昆虫身上分析出可能排入水中的每一种物质、污染物以及胁迫因子。硝酸盐、磷酸盐、氧气含量、光照水平、水流速度、捕食者、各种污染物……所有这些都可以找到线索，不只是当下那一刻的状况，还有在过去一年或几年里它们不断变化的浓度。

斯图尔特耐心地为我找到一种非常稀有的本地种，叫高地蜉蝣（*Ameletus inopinatus*），并解释说当地的昆虫学家们对这种昆虫抱有极大的兴趣，因为他们把它当作矿井中的金丝雀[44]，也就是对气候变化极为敏感的昆虫。之后，他又回到我可以理解的层次，解释说这一盘虫子中为何没有一只淡水龙虾——因为水现在流得太快了。

斯图尔特将这些朋友放回水中，我走上前去，迎着太阳的方向看向水面。我惊叹于眼前的景象——美丽的白色水花在岩石周围翻腾，每一秒都有数百颗细钻被抛在阳光下，熠熠生辉。但我没有意识到周围的昆虫也在标记这种效应。斯图尔特解释说，昆虫对水分的极度需求意味着它们对空气的湿度非常敏感。相比于邻近略微平静的水面，河流和小溪中翻滚冒泡的水段上面形成了一层非常潮湿的空气。昆虫会被空气中的水分吸引，从而飞到这些急流之上。如果没有钓手孜孜不倦的探索，我们能发现这一点吗？我不敢肯定。

昆虫还有一项本领：它们能够识别出偏振光，而所有从水面反射出来的光都是偏振光。对于昆虫来说，水面的反射光与直接来自太阳的光完全不同。（如果你有一副偏振光太阳镜，你便能对水面在昆虫看来是如何不同略知一二。调整鼻子上的镜片角度，观察水面在怎样轻微变化。对于太阳镜在观水时是否有用，人们一直争论不休；它们能滤掉刺目的光，但同时也会过滤其他光线。个人而言我并不喜欢在陆地上使用它们，但在晴好的海面上却会佩戴。不管有没有太阳镜，一个通用的窍门是，先看阴影下的区域，再去看明亮的区域，这能为你的瞳孔留出充足的时间以舒适有效地进行调整。）

“是虎蛾！”我像孩子一样指着一只飞蛾，这只太阳下的飞虫让我想起双翼机。

“你说什么？”斯图尔特问。他听起来有些严厉，我以为我可能说错了什么。一秒钟后，他又问了一遍，然而这次我看出来他是兴奋，而不是害怕。

“那只虫像一架双翼机。它有两对翅膀。”

“哈哈！太好了！”他说。这让我有些意外，因为我没想到他会有这种反应。

“是吗？”

“是的。我叫它骆驼战机，两者差不多啦。我总是说，去找骆驼战机。它其实是石蝇。”

我笑了起来，向四周看去，注意到大约往太阳的方向望去，能轻松发现白色的闪亮水花从溪水中飞溅而出，而昆虫在它们上空飞舞。我们坐下来，我从瓶中啜了一口水，斯图尔特说严谨的钓手应该在自己打算抛线的上游处捕捉空中和水中的昆虫。他给我看他捉虫时用的不同的网。此时我了解到，那个拿着钓竿出发以为自己是去抓鱼的

人，何以最后竟意外成了昆虫学家。

斯图尔特与我讨论起各种因素和昆虫是如何相互作用而让那么多人忽略掉的。我们看着溪边的黑蠓，斯图尔特解释说，这是一种典型的对温度极为敏感的飞虫，假如在飞行时太阳躲进了云里，它们便会从空中掉落到水里。

如果我们将昆虫的这种敏感与河道的弯曲、风向，甚至微风的每一次转变结合起来，便能解释为何某一片水面上会出现成群结队的飞虫，而在几米之外却连半只飞虫的影子都找不到。鱼儿们能够精准地识别出这些不同，所以才会出现以下情形——河水某一处的钓手们笑容满面，而在河流的拐弯处，他们的邻居却在骂骂咧咧地抱怨着自己的工具。我想起斯图尔特关于运气的话，但他又半是咒骂地加了一句贴切的话：“你要接入的是那些该死的信号！”

我们沿着宽阔溪面的岸边走着，斯图尔特不时地向水中的某处指去：“10%，30%，10%，70%，哈，100%，那里肯定有鱼！”我们眼前出现的是“凹槽”（pockets），也就是干流之外的小片平静水面，斯图尔特正在评估里面有鱼的可能性。他停下脚步，指向一处我非常熟悉的水面：“看那个漩涡。肯定有条鱼在那儿，绝对有！”

斯图尔特从不指向浅滩处的湍急水流，也不会指向“静流”处非常平滑的水面，而总是指向白色水流旁边平静的凹槽。这些凹槽都是同一种要素，不过是大河上水潭的小号版。当我们意识到浅滩、静流、漩水、水潭以及凹槽等一系列要素构成了水中生物的地图，河流的构相便开始变得丰富又深邃，而在地理课本中，这个细节可能是笼统乏味的。鱼类总是在寻求最划算的交易，用最少的努力换取最多的食物（所有处于饥饿边缘的动物都是这样，小型鸟类几乎永远都处于这种状态）。

与此同时，鱼类还得尽力在不被吃掉的情况下觅食，所有成熟的鱼都很好地学到了这一点——它们既要努力避免成为鸟儿和哺乳动物的盘中餐，还要避免被其他鱼吃掉，因为所有的鱼都会同类相残。这意味着，它们不会花费力气在急速的浅水中捕食，也不会在流动缓慢、清澈见底的静流中活动，因为在那里，任何一只饥饿的鸟都会发现它们。它们必须将自己藏匿好，在树根里一直待到天黑，不让其他动物看见自己。紧邻流水旁边的凹槽像传送带一样给它们带来昆虫美食，要是这些凹槽被一些歪歪扭扭的树根或形状刚好的巨石挡住就更好了。顺着小溪往前走时，斯图尔特评估着这些因素，每一种都让他对某处有鱼的预估概率往上或往下调整一点。

“它们喜欢翻滚水（popply water）。”他说。

“翻滚水？”我说，担心这或许是一个我完全陌生的术语。

“是的。它们喜欢凹槽与合适的水潭，但如果进入干流，就会待在翻滚水里。”他指给我看。在浅滩处，水与空气混合在一起，发出清晰的水声。静流完全平静，但在两者之间，你能看到翻滚水，那里的水流过石块，但是速度或能量又不足以让它破碎并与空气混合。“它既不平坦，也不与空气相混而成白色，只是……呃，翻滚着。鱼喜欢这种水。”我认出了他说的这种水。它们在海面上也会出现，以后我们会讲到。值得重提的是，流水的声音来自水的破碎，也就是水与空气的混合。因此我们能听出浅滩，但是听不出静流、水潭、凹槽以及翻滚水，你只能自己发现安静流淌的它们。

鱼类还喜欢某些岩石周围的“柔和区”和“摩擦区”。一块突出的石头上游和下游侧的水要比离石头较远的干流里的水流动更慢。这里便是“柔和区”。而在石头两边，水流也会更慢。这里是“摩擦区”。鱼类喜欢这两个区域。

斯图尔特不时地将手指向对岸处的一片更平静的水面。我问他为何只指向河水远岸处的凹槽，而我们这一边明明也有一些不错的地方。他停下脚步，咧嘴笑了。

“啊。”他看起来既兴奋又难为情。“嗯，是的，你没错。因为我是右利手。”他用右手做出一个抛线的动作，指向远处的河岸。“右利手观察河水的方式与左利手不同。如果我跟左利手一起走在河边，我们会发现不同的地点。有时我会强迫自己相信我要用左手抛线，这能让我发现一些我平时看不到的凹槽。”

我喜欢这个想法，便跟他分享了一个类似的、会影响徒步者的习惯。我们在路上遇到很高的障碍物时，会用自己不常用的那只手来“推开”那处障碍。想象你有点迷路，沿着一条路走到了在一块细高石头处分岔的路口。你很容易以为自己会随便选择从石头的某一侧走过去，但事实不是这样，因为每个人的意识中都存在一些随意设定的偏好，而这会受到我们是右利手还是左利手的影响。右利手喜欢将自己的左手搭在障碍物上，这很可能是因为这能让他们的右手空出来。这个习惯会让你在岩地里迷路时打转，而自己又意识不到。

一条蜥蜴在我们面前穿过，又停下来打量我们，沐浴着4月的阳光。又走了几步，我们跨过羊的胞衣风干后的残骸，斯图尔特说起他喜欢问孩子们现存最古老的生命是什么。“他们通常都会想出一些类

似恐龙这样的动物。我告诉他们，蜉蝣在恐龙出现一亿五千万年前就存在了，而它们如今依旧生命力旺盛。”他的语气中带着一丝自豪，好似自己跟蜉蝣一队，两者一起打败了进化。

一片油膜在水上漂过，我们盯着它斑斓的色彩，思考着它的来源，而它往阳光反射的地方漂过去了。我们都认为上游的腐烂松针中的树脂更有可能是肇事者，而不是什么工业物质。

斯图尔特在一排松树和一处岩脊之间停下，我们低头看向一片平静的水潭，旁边是白色的水流。

“鳟鱼需要两样东西：藏身之所和食物。”他说如果我们能够以鳟鱼的眼光从这两样事物的角度看待河水，便能发现它们的行踪。能够提供遮蔽，水速没有过快，但又近乎充足且能集中带来食物的流水，这样的地方能够确保它们的生存，因此成为鳟鱼的首席乐园。我们现在看到的就是这样的地方。

“那里！”手指又指过去了。“你看到了吗？”

“没有。”我说，并努力集中注意力，顺着斯图尔特手指的方向往远处的水面看去。

“就在那儿！”

“是的！我看到了！”

涟漪荡漾开去，留下平静的中心，之后又消失在周围湍动的水中。我欣喜若狂。我不想给斯图尔特带来不公平的压力，但这是我这一天最大的期待。我简直和维多利亚时代的大型动物猎手在非洲草原上射中猎物一样开心。我看到了“上浮”。对于事实上无心钓鱼的人来说，这是一次壮观的胜利时刻。在此之前的一整天我们都在追寻这一刻，一直研究天气、水、植物、鸟儿、昆虫……所有这些让我们渐渐接近这幅鳟鱼浮出的美妙景象，它将自己暴露在水面上，周围是它标志性的涟漪图案。

与任何艺术一样，飞钓不可避免地会陷入对细节的争论。但对我来说，它的美在于这是一门无须钓鱼的钓鱼艺术。我们姑且称它为“上浮观赏”。同样的争论也可能围绕着它展开，因为这门艺术丰富而有所回报。飞钓手喜欢看到鱼儿浮出，即便他们最后没有钓到一条鱼。上浮本身便为上浮观赏者呈现了这项活动，也为飞钓手指明了钓到鱼的可能性，对两者来说它同样令人激动。上浮观赏者可以把飞钓

手以及白垩岩水环保者西蒙·库珀见到上浮时的兴奋之情当作榜样：

> 当一丝涟漪在你前方荡过水面，鳟鱼吞下一只飞蝇，这一刻正如两人的目光穿过人头攒动的房间遇上一般美好。

没有哪两个专家会就鱼儿破开水面甚至在靠近水面时的准确形态达成一致意见。然而在鱼类捕食行为的逻辑上，他们却没有任何分歧。

为了简化起见，我们以鳟鱼为例。鳟鱼来到水面捕食昆虫。我们知道，水面对周围的最细微变化都非常敏感，因此当一条鱼将一只虫子吞入口中，它必定会打破水面的平静。这便造成了我们所看到的上浮现象，就是这么简单。但是，这种上浮究竟是什么样子？又为什么会是这样呢？我们能从看到的略微不同的上浮形态中推断出什么呢？这些都是飞钓和上浮观赏的核心问题。

有几个基本原理无人反对。鳟鱼的食物，也就是昆虫，它们的形态和行为形形色色。有大的虫子，也有小的虫子；有的是从空中掉下来的死虫，有的被困住在挣扎，还有的落在水面上准备过一会儿起飞。设想一条鳟鱼在水面上发现了一只静止不动的、很可能死了的小虫子。这看起来不够一顿美餐，也不太可能会很快逃开，于是鳟鱼不会浪费很多力气来获取这份食物，而是优哉地游过去把它轻轻吃掉——何必要大费力气做一次直冲或有力的猛咬呢？但如果是一只很大的虫子，它动个不停且随时都会逃开，这便给鳟鱼带来了一次不同的挑战——一顿不错的美餐，但美餐本身在努力不成为这顿美餐。于是鳟鱼便会采取砸窗抢劫一般的方式来一次猛击。

鱼儿掠取美食的各种策略催生了钓手欣赏及寻求的各种各样的上浮景象。依据你参考的权威来源，可能会有亲吻、吸吮、轻啜、猛冲、冲刷、肾形或隆起等各种上浮。即使是在久受尊崇的专家之间，关于这些上浮的确切形态的争议和异议之处也令人迷惑不解。在斯图尔特的协助下，稍后我会试图将此简化。

当然，在鳟鱼的浮出之下，即便是最轻微的上浮，都还有很多东西需要被发现。有时一条鱼刚好游到水面之下会干扰水面，但它非常轻微，不能算是上浮，对大多数观者来说都几乎不可见。但如果你恰好看见鱼从倒影下穿过，便可轻松察觉这一情景。树干直线清晰的边缘可能会变得模糊或略微弯曲，甚至可能弯成“S”形。（此处回想“不那么卑微的水坑”那一章里的“地震仪”水坑，可能会有助于理解。）

必要的话，鳟鱼会在几天之内快速变化身体的颜色来适应环境，

在逃脱鸟儿视线方面它们是大师，更不用说我们微弱的视力了。它们非常擅长改变自己的外貌，以至于维多利亚时代的人竟将褐鳟划分成几种不同的种类，而这些颜色不同的鳟鱼不过是同一个物种罢了。但我们并不是无能为力，鳟鱼在用以下方式掠食若虫时会暴露自己的行踪。它们面向上游，偶尔向左或向右挪动，之后再回到最初的位置，这一切起初都很难发觉，直到最后一个明显的信号暴露了它：一缕光线，也就是鳟鱼在张开嘴时露出的一小片白色，在黑色的背景下清晰可见。

你不太可能会在第一时间发现鱼尾，但最好注意观察尾巴投下的影子的规律移动。最佳的通用原则是：寻找任何不寻常的移动。因为尽管伪装的动物能将自己隐身，尤其是在水下，但这种伪装的一个弱点却是它无法将自己的移动掩饰得很好，因为背景不会随着鱼的移动而改变。偶尔一条鱼会扇掉身下某个石块上的泥沙，从而毁掉自己的伪装，使它在明亮的背景下凸显出来。

可以预想，在寻找鱼的身影时，最好能将太阳和风的因素考虑进来。太阳高挂且从身后照射过来的平静天气里最容易观察水中的动态，但是记住，只要你走进了鱼的视野，它就一定会有所察觉。你可以通过增强需要的光照并减少不必要的光照来增加成功的可能，这基本上意味着要用宽檐帽来遮挡天空。

斯图尔特和我一直望着同一地点的上浮，其间他帮我复习了各种因素的组合。昆虫的行为、风向、急流旁边的缓慢水潭、水面上的光照和阴影，还有我们身后的一排深色的树木（这样便不会挡住鱼的视野）。我们一连看到了三次上浮，每一次都让我哑然无声、兴奋莫名。通过观察这一连串上浮，你能很快弄清楚它们是同一水潭里的许多条鱼，还是同一条鱼在重复这一动作。如果是同一条鱼，预测下次上浮的准确位置便会容易许多。

“一，二，三……在那儿！同一条鱼。”他小声说，我们盯着那里，直到那个图案再次出现。之后我们向上坡处挪动几步，找到一个新的视角，上浮此时停了下来。我们已经走过了树木边沿，走进了鱼的视野。鳟鱼现在对我们的一举一动都十分敏感，于是冲到了隐蔽区。

“我告诉别人的时候他们不相信我，但是千真万确……我在夜间钓鱼时，能通过聆听上浮的声音来抛线。这是真的。”我相信他。“看那里的浮渣道（scum lane）！”

“浮渣道？”

“嗯。就是顺河而下的一道浮沫。它为我们指出风和水将水面漂浮物汇集的地方。虫子通常会在那儿聚集。要是耐心的话，我们还能在那儿看到一条鱼。”还没等上一分钟，我们就看到一组同心的水纹圈向四周荡漾开去，后面跟着一组又一组。

“不是土里的那种浮渣，对吗？”我不喜欢纯净的河水里掺有任何泥土。

“不是，它只是那些泡沫的名字，就是急流里翻腾上来的泡沫，就在那儿的浅滩。”

我等待着下一次上浮，很轻松就看到了它，但随后我的思绪飘到所有不同的类型上去。在花了很长的时间仔细思索不同的上浮形态后，我还是没能将它们有效地区分开来，于是求助斯图尔特。他非常老练——或许是不愿意不敬地透露这一领域的诸多尊名——并说每个人都有自己所见，这件事没有对错之分，只要你忠于自己看到的东西。

他似乎在暗示我们对于上浮形态的感知有一种主观性，如果把它看作一门艺术的话还挺说得通。或许它取决于每个人想要看到的细节程度，一个人眼中的飞溅在另一个人看来或许是“双肾形”。我推了推他，问他自己发现并利用的上浮类型是哪一种。他停下来思索答案，我的目光被一群燕子吸引，这群燕子在桥下低低地掠过水面，在飞翔中快速饮了水。他说，在热爱了四十年的钓鱼后，他将上浮归为三类。听到这里我几乎泄了气。但随后听到他说每一类都只有一种时，我又来了精神。

“有亲吻或轻啜式上浮。想象一位老祖母在自己的摇椅里轻轻晃动。她请求一茶匙杜松子酒，你需要非常温柔地将茶匙触碰到她的嘴唇上。这便是亲吻式上浮。”这正是我们早前看到的类型。

“还有飞溅式。当鱼一点一点移动时，它的头部通常会浮现……有时你能看到它的眼睛！”

“最后，最不明显的是水下上浮。它很难发现，我有时叫它‘胆怯之水’。”这种上浮被他人称为“隆起”式上浮。“鱼在水下捕到东西时没有打破水面，但它的尾巴有时会翘起……用干蝇来对付水下上浮根本没用——你只是在浪费时间！”

我们从河边走开，穿过充斥着浓浓熊葱味的空气，从两片丛林银莲花铺成的地毯中走过。“它就像下棋。但或许你只能移动一步。”斯

图尔特一边把木箱里的煤气灯、水壶和马克杯拿出来，一边对我说道。我们享用了一杯茶，我忍不住向他指出，我们面前的榕毛茛和雏菊的生长方向是朝南排布的。喝茶期间，我们的对话变得更富哲学意味了，斯图尔特更宽泛地谈论起自己的方法，还有他想要融入河流而不让它发觉自己的愿望。他不仅喜欢用“河水”这一概括形式来描述水（很多人会这么做），还喜欢用它来描述复杂的网络和生态系统，其中河水不过是一条主线。这个习惯让我印象深刻。

“要让河流向你发出邀请，这样当你沿河而上时，你可以抚摸蜷于窝中的野鸭，或者让一只翠鸟从你身边闪过，你只能躲开以免让它撞进你怀里，或者一只河乌甚至苍鹭飞起，你能感受到它翅膀的扑扇……这时你已被河流接纳……这一刻，你开始成为一名真正的钓手或猎手。”

在那一刻来临之前，我们不妨在桥边停驻，向下搜寻鱼类喜欢在何处上浮的线索，然后等待着上浮的出现。如果让我在一条刚钓到的新鲜鳟鱼与在我预计的地方看到上浮之间做出选择，个人而言我会选择后者。它尝起来味道没那么好，却能留下美好的回忆。

第八章 湖泊

水鼠消失在缓缓流淌的溪水之中，它溅起的小小水花的声音几乎淹没在斑尾林鸽和苍头燕雀的啁啾声里。绽放在欧洲七叶树枝头的亮白色花朵层层叠叠，花瓣中还带着一抹粉红，只有在好天气里才会出现的积云从树顶上的天空中掠过。周围的一切生机盎然，光线充足，微风习习，这个暮春的清早对于接下来我要开展的计划再完美不过。我沿着米尔路边沿向天鹅溪湖（Swanbourne Lake）走去，这个名字让我眼前呈现出一幅水量丰沛的画面。这片湖可以追溯到《末日审判书》[45]成书之前，最初它作为磨坊储水池为西萨塞克斯的阿伦德尔城堡供水。“溪”（bourne）一词说明这片湖由泉水灌注，泉水是从周围的白垩岩中层层过滤而来的。到达任何一片大面积的池塘或湖水时，你要考虑的第一个问题是：湖底有什么？

湖底的岩石对于水里以及水周的动植物有着巨大影响。假如到达水边之前你穿过了一片泥炭地，那你周围便是酸性区域，在这儿可能会有很多蜻蜓，但是整体上动植物的种类都会比较有限。沼泽以其荒芜闻名是有原因的，在所有的文化联想之下——从福尔摩斯的猎犬[46]到最近的各种谋杀案件——根本原因在于它的酸性土壤。例如，甲壳动物几乎不可能在这里生存，因为这些动物既无法获取足够的钙质来发育自己的壳，也无法耐受酸性水的腐蚀。假如你身处白垩岩地区，那么动植物的种类会异常丰富，甲壳动物也极有可能随处可见。

天鹅溪湖是人工湖，而且一直都是。它或许是地形的一个古老的部分，但如果没有人类的规划，它不可能存在。对于有些纯化论者来说，人工湖缺乏魅力，但它们随处可见，因为在英格兰的大部分地区，尤其是南方，极少有湖是“天然的”。除了岩石类型，任一地区更广泛的地质史都值得思考，因为假如你所在的区域曾有冰川在此地移动开凿过，那么这里就更有可能形成湖泊，不管是否有人类曾在此居住。但在冰川的南部地区，没有人类的助力，很难形成池塘和湖泊。也有一些例外，因为地壳活动能够造出一些最深也是最有趣的水体，比如尼斯湖或东非的一些大湖。别忘了还有河流凿出的奇特的湖，比如牛轭湖。

一旦判断出某片池塘或湖泊有可能是人类的杰作，你便可以探寻它的挖造目的，这能让你更了解这片水和这块地区。在乡村地区最不

可能的地方冒出来的小池塘很有可能是露池（dew ponds）。几个世纪以来，露池一直都是干旱白垩岩地区的农民的解决方案。这些人工池塘是农民用黏土在地上圈出白垩岩坑而建成的，雨水（不是露水）会落满池塘，好让动物饮用。摸不准池塘和湖泊的来历也不是坏事，因为这样便有谜题可解。我曾在一个叫利特尔汉普顿的南海岸小镇的近海地区遇到了一片淡水池。我怀疑它的修建是为了美观，但又不能确定，因为利特尔汉普顿迄今为止看起来不像是审美至上的城镇。从形状上我完全猜不出它的用途，但当我知道它的名字时，一切便云开雾散了。牡蛎池曾经确实是被用来盛放牡蛎的。

不管淡水在某一地点聚积起来的物理起因为何，它都值得我们欣赏，哪怕除了稀有之外没有其他原因。沿着大河散步或者到像湖区[47]这样的地方旅行，会让我们误以为淡水量非常充沛，但事实远不是这样。海水储量丰富，但世界上每有6750升海水，对应在河流或湖泊中只有1升淡水。这就是为什么即便是在英国这样相对湿润的地区，淡水的使用权也会受到争夺。

当我到达湖边，湖水的气息扑面而来。空气中有一种熟悉的潮湿的味道，夹杂着一丝淡淡的鸟粪和潮湿腐化植物的气味。通过记录水边的气味，我们能快速地了解风向、岸线特征、植被以及温度情况。嗅一嗅水边的空气，我们便能感受季节的变化。倘若你闻到的只是最微弱的湖水气味，这便说明一切状况良好，但通常夏季的气味要比冬季重一些，因为所有生物，尤其是藻类和泥中的细菌，都在夏天更为活跃。然而，轻微的臭鸡蛋味说明细菌在合成硫化氢，而这又意味着水中的氧气含量很低，湖水的生态系统在恶化。

用气味标记地方是一个不错的主意，这还有另外一个原因。我们的大脑从嗅觉处获得信息的路径要不同于其他感官，它会经过一个叫丘脑的区域。相比于图像或声音，气味能够更加直接地到达大脑中与记忆和情感关联的区域。当我们感受到某一个地方的气味，我们便会对这个地方形成另外一种印象，并建立起新一层的认识，但我们还能形成一种更加持久且更情绪化的图像。我不会在这里历数那些以无可抗拒的力量将我带回某些地方的气味，但确实有一种气味在过了二十多年的时间后还是能让我几近落泪，我相信你也有自己专属的特殊气味。在地理信息依靠网络下载的时代，旅行者使用导航仪屏幕来巧妙地发现藏宝箱，但我们仍旧可能享受用气味来获取地理信息的乐趣。

从感受海岸越来越近，到在沙漠中迷路的领航员根据8公里之外的一头骆驼传来的气味找到营地，在实际中有很多可以使用嗅觉的方式。假如想要描绘一幅关于我们所处位置和周围环境的精准图画，那么用航海专家汤姆·坎利夫的话来说，我们甚至不该“忽略一只老鼠的

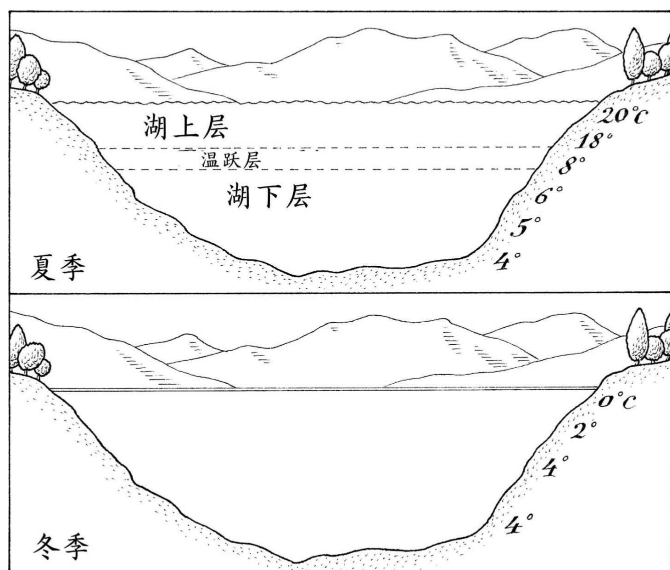
微弱气味”。

回到天鹅溪湖的岸边，我不小心弄醒了一群雁和鸥，它们看起来波澜不惊，摇摇晃晃地走开了。但它们是如何在嘎嘎不休的骨顶制造出的喧闹中做着美梦是个谜。我向水中望去。

天鹅溪是浅湖，水文学家会称它为“全循环湖”（holomictic lake），也就是说湖水太浅以至于全部均匀混合，因而各处的水温几乎一样。对所有水体来说，水深都是一个基本要素，但对静水来说尤其如此，因为水深决定了水中的光照和温度，而这些因素决定了水中是否会出现生命。几米之差便能造成巨大差异，因为大部分阳光在顶层就会被吸收。所有到达湖面的阳光，或许不到一半能到达水下1米深处，只有1/5能到达2米深处，1/10到达3米深处。光照到达水下的具体深度当然取决于水的清澈程度，但任何深度的湖中都会有区分明显的区域，它们可以由光照和温度来划分。

透光层（euphotic zone）是光照能够到达的顶端水层，理论上植物可以在那里生长。在极为清澈的湖水中，这一水层的深度可达50米，而在浑浊不堪或富含藻类的湖水中仅为50厘米，可以说，这个水层的深度范围极为广泛。按照温度，湖水也能划成不同区域。在深不可测的湖中，会有一个底层，叫湖下层（hypolimnion），那里的水温常年维持在4摄氏度左右。（这刚好是水在密度最大时的温度，这可不是巧合，水的一个特性就是当水从4度开始升温以及当它冻结成冰时密度会下降。因此，冰块会浮在水面上，而冷水则沉在暖水的下面。）

在水面附近，也就是阳光加温湖水的地方，有一个不同的水层叫作湖上层（epilimnion），那里的温度在一年中的不同时间里变化剧烈，冬季时接近冰点，夏季又温暖且适宜游泳。湖上层和湖下层之间还有一个水层叫温跃层（thermocline），它的深度随着风吹以及照射进去的阳光的变化而发生改变。这些水层以及它们的深度随着季节波动起伏，因此很多池塘和湖中生物会在冬季向下沉降，这使得水看起来似乎是在冬眠，如果不是成为一潭死水的话。



湖水分层

事实上，只要你有心，你也可以在厨房里做自己的温跃层实验。只需找一个透明的长方体容器，比如玻璃烤盆，在里面注入大约4厘米深的冷茶。接下来小心将2厘米的温水沿着汤匙背面倒入盆中，不要让它们混合，你就能看到一层暖水覆在冷水层之上，两者之间由温跃层隔开。

在海洋中，还有更多分层，盐跃层（haloclines）按照盐度来划分，还有很多水层拥有一些奇妙的名字，比如大洋深渊层（abyssopelagic，4到6千米深）。海洋也有温跃层，通常在300到800米之间，它会形成一个声音屏障，从而限制声呐的应用——军用潜水艇借此躲避彼此。

顺便提一句，水本身的温度层会对声音在水下的传播产生很大的影响。鲸鱼有时可以跨越遥远的距离彼此交流，有些科学家相信它们进化出了在水下使用声道的本领。让自己的歌声在寒冷稠密的海水层上反弹，这可能是鲸鱼能在相隔几千公里时保持联系的关键。

这些名字犹如拼词版[48]炸开的水层使得水深和它与光照温度的关系似乎变得专业起来，但事实上它们的背后有一个基本事实。我们只需记住，随着水深增加，植物和动物的活动会减少，这个过程并不总是渐变的，因为温度和光照可能会骤然降低。

有关水深的一些最有趣的线索就在水面之上，无须向水下探寻。我绕着湖水散步，其间经过生长着睡莲的水面，正如我们前面已经讲过的，睡莲是水深的自然测量仪。绕过一棵往外伸出的栓皮槭，我看到长着白尾巴的兔子窜进岸上的扁桃叶大戟后又消失在林子里，之后脚下的小路在林子里断开，正是在这里，我看到了或许是最优雅的水深测量仪——一只天鹅。天鹅以湖底的藻类、水草以及草根为食，因此它们在湖水的浅水区更多见。我看到的这只天鹅身边还跟着三只小天鹅，它们对食物的需求量会更大，这进一步提升了这一漂亮的水深测量仪的精确度。

事实上，水上的每一种动物和植物都能透露一些它们身下的水的信息——如果看到一只鸭子在水中疯狂地搜寻，好似丢了什么东西，那你看到的就是琵嘴鸭，它用自己宽大的喙搅翻湖底寻找食物。显然，这里的水一定很浅。在深度上另一个极端是，鸬鹚能潜入水下45米深的地方。

此刻我在明亮的阳光下踱着步，一边欣赏着身边树木上跳跃着的反射光。狐尾藻在这个角落里占据了一大片湖面，这种植物在浅水中比睡莲生长得更为繁茂。我沿着湖边顺着它巡视，看到植物的种类从这些真正的水生植物渐渐过渡到岸上的陆生植物，比如大麻叶泽兰，它是陆生植物，却在潮湿的土壤里生长茂盛。靠近湖边，灰尘、树叶和其他自然残渣堆积在蔗草间的凹坑里，在某些地方看起来似乎已经凝结成接近淤泥的硬块。

这提醒我们，池塘和湖泊远远不是一成不变，河流会随着时间自然生长，因为它们会开凿挖掘，静水却是相反。除非借助一些外力，池塘和湖泊最终都会填平并恢复为陆地。在这个过程中，最开始是藻类，之后是灯芯草以及其他浅水植物找到落脚之地，这使得沉积物开始聚积，水变成湿泥，加强循环得以建立，最终水抵抗不住陆地的扩张。

小路延伸向一座小丘之上，这给了我一个更好的有利地点来研究水面。开阔的视野使我能够好好研究微风和涟漪的细微之处。

当风受到障碍物的阻挡，水中的下风区便会出现平静水面，但解读这些水面是一门精巧的艺术，其中有一些细节值得探寻。我们要感谢帆船策略家，他们让我们对微风如何绕过障碍物有了全面了解，因为这些知识能够为赛船手带去获胜所需的竞争优势。

当风被迫吹过障碍物后，它在一段距离之内无法回到先前的风力和特点，直到吹行了大约是障碍物高度30倍的距离后，它才能恢复如

初。

当我们观察风吹过的障碍物类型时，会有一些让人迷惑不解的意外。密实的障碍物，比如墙，并不能像某些篱笆或灌木这种稀疏的障碍物一样有效地挡住风。如果从透光性的角度来看一个障碍物，我们便能大致估测它的密度。砖墙的密度是100%，因为没有光能透过它，但一排茂密的灌木密度可能只有50%。奇怪的是，相比密实的墙，这种密度中等的灌木能够更加有效地削弱风力。因此，当我们看向枝叶繁茂的树木背后的下风区水面时，或许会发现静风区一片平静，而且这片静风区实际上要比附近高度差不多的建筑的静风区面积更大。另一个谜题是，风通常在距障碍物下风区5倍于其高度的地方风力最弱，而不是像我们想象的那样在下风区紧邻障碍物的位置最弱。在大多数情况下，风在到达10倍于障碍物高度的地方会回到原来风速的3/4。

我们无须记忆距离、高度或者因素，只要享受观赏水上涟漪的乐趣，并且注意它们在树木和其他障碍物下风区的较远处是如何变化的。

接下来要寻找的是往相反方向荡去的涟漪。此时应该回想一下河中的漩水，回想河水在遇到障碍物时打旋的方式，以及最后是如何以一股细流在河水边缘往相反方向流动的。湖水当然处于陆地上的盆地之中，这就是说，当微风吹过湖周的地面顶端，风便会在高地的下风区紧挨高地的地方形成盘旋的垂直风涡。这又会在湖面上制造出非常局部的微风，它们会朝与主风相反的方向吹拂。让人意外的是，你会常常发现自己站在湖边感受着轻风拂面，看着它吹起的涟漪朝某一方向荡过湖面，而头上的云朵却朝相反方向飘过。

在障碍物的下风区甚至上风区会形成更小的风涡。空气会垂直旋转，或者说会翻滚（如果它从某样事物的顶端吹过），还会打旋（如果被逼到一个角落）——想想那些在建筑物角落附近出现的尘卷风。（树木之所以通常比墙更能有效地削弱风力，主要原因在于树木制造出的风涡更少。）

最后，还需知道的一点是，会有一些局部的轻风，因为太阳对陆地和水体的加热效果是不同的。后面讲到海洋时，我们会再做更透彻的分析，但此处值得提及。假如你的湖位于深谷中，天气又晴朗温暖，那么在湖水的阳面处便会生成一些局部风，在阴面却不会。

假如将所有这些效应放在一起加以考虑，便能很容易理解水面上为何常会出现如此精巧复杂的涟漪图案和平静区。风总是遵循物理规

律，因此这些效应的起因通常都可得到揭示。假如思考一下风的来向，再加上它要吹过的障碍物的高度和类型，你便能够从破译水的形态中发现乐趣。仅仅通过寻找它们，你就能注意到很多他人注意不到的现象。

在水边的一片柳树附近，我发现一团飞虫正疯狂兴奋地飞舞着。它们点在水面上，一些非常细小的水纹出现了，而后一圈一圈地荡开去。不仅鱼在密切注视着这些微小的震动以及细小的涟漪，还有一些昆虫，比如常见的划蝽——它常用四条腿浮在水面上（另外两条腿更长，因而被用来当作划水的桨）——也对这些震动异常敏感，这预示又有一只小虫陷入了麻烦。因此，水面的一个轻微惊动便能引发周围生命的一连串反应，并最终在很小的层面上引起一阵骚动。这些景象观赏起来甚为惬意——平静状态被打破的一瞬，一阵短暂的狂乱紧随其后，接着恢复平静，一切又重新开始。

有时你会引发一种不同的骚乱。这些水面上的昆虫对轻微的震动如此敏感，以至于当你在一片平滑如镜的水边跺脚时，昆虫会潜入水下或者起飞，并随之产生一连串涟漪。对我来说，这样搅乱昆虫的安宁是一种带有负罪感的乐趣。

我从湖边走开，同时往天上看去，希望能有一朵庞大且低低的云朵从水面上飘过。有一个方法能帮助太平洋的航海家们在海上寻找陆地，我们在陆上靠近大湖时可以使用这个方法。

太平洋的航海家在海上搜寻附近有岛屿的迹象时，偶尔也会向天空寻求帮助。陆地比水升温更快，因而岛屿之上生成的云彩要比水上的云彩更醒目。这些云彩指示牌在数英里之外都能看到，是非常有用的标识。假如上升的空气流足够强大，它们有时会将陆上的云彩一劈为二，形成被戴维刘易斯等航海家称为“眉云”·（eyebrow clouds）的云彩。

理论上，湖上的云彩要比周围陆面上的云彩数量更少，但只有在很大的湖上你才可能注意到这一点。太平洋岛民们同样会仔细研究远处云彩的底端，以期发现颜色的变化。拍岸的海浪和珊瑚砂上出现的云彩看起来异乎寻常地轻盈洁白，在潟湖上它们会呈现绿色，在干燥的礁石之上则带有淡淡的粉色，而在森林覆盖的陆地之上它们要更为暗沉。

当戴维·刘易斯和伊奥蒂巴塔一起在马亚纳与塔拉瓦环礁附近航行时，他能清楚地看到这些云彩底下反射出的绿色。这个现象太明显了，刘易斯不禁纳闷为何伊奥蒂巴塔没有看到。听到这个问题，伊奥

蒂巴塔有些尴尬，他回答说他之所以没有提起，是因为不想显得比刘易斯高明——他说，这个现象太引人注目了，“即便是欧洲人都能看到这个显而易见的迹象”。

我们可以反过来在陆地上使用这个方法，由此获得一些乐趣。在云彩飘过湖水上方时，通过研究它们的底端，我们偶尔会发现色彩发生了细微的变化。

湖泊为我们提供了一些观察各种迹象的绝佳机会，让我们意识到自己对水的认识一直在提升，对此我深有体会。在我年轻时，我会在湖区这样的地方大步走过大片的湖水，虽不至于对周围的美丽风景全然不知，但对这些美的复杂之处肯定视而不见。我没有意识到破解涟漪如何能够帮我登上当地的一座高峰。

我要走上成千上万步才能到达我的计划目的地并返回。其间我的某个步伐会惊扰一只天鹅，这又会在水中制造出一种独特的水纹，因为它送出的涟漪会和风涡引发的水纹撞在一起。如果我事先能有注意这些现象的意识，那它顶多会被看成一种延迟。或许我会因空气的新鲜和微风中飘来的气味而感到欣喜，但我永远不会发现这些气味的变化与我身边的水有着密切的关系。

现在我以一种全新的眼光打量湖泊和它们的类型，它们自身便是一座高峰。如果我花时间来注意风鸟鱼虫在水面上的行为并借此观察它们的特性，这便成为另外一种征服——对一座更高的山峰的征服。

第九章 水的颜色

想象你坐在海上的一艘船内，你的朋友问你如下问题：

“海水是什么颜色？”

你环顾四周，只是为了验证这个问题是否像它听上去那么愚蠢，之后便信心十足地答道：“蓝色。不，等等……绿色……也可能是灰色。”

此时你的朋友俯下身，将一只杯子浸入海中，舀了一杯水，呈在你面前。你瞪着这杯清澈透明的液体，一瞬间感觉自己交友不慎。然后你开始回想自己最喜欢的河流、湖泊以及海边的水的颜色，这时你才意识到它们之间都略有不同。

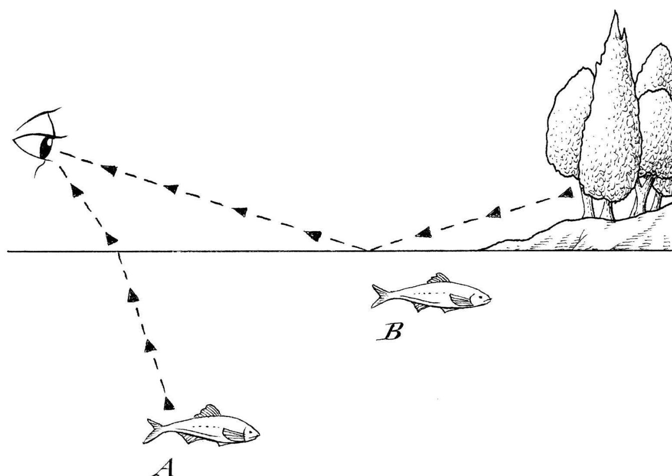
望向水面，水的颜色之多变是我们喜爱水的一个原因，但大多数人只是喜欢欣赏这些丰富的色彩，却很少有人会去思考它们背后的原委。凯尔特人肯定体会到了描述水的颜色这一挑战的困难性。他们用一个前缀“glasto-”来表示任何蓝色、绿色、灰色的事物，借此避开了这一难题。

认识水的颜色分为几个部分，单独考虑的话每一部分都很简单，但合在一起它们就让人迷惑不解了，主体也显得比事实更为复杂。我们要思考的四个部分是：水下有什么、水中有什么、水上有什么以及光线效果。最后一点，也就是光线与水的关系在这一章会得到初步介绍，但由于它是一个深奥丰富且令人着迷的领域，在下一章里我们会继续探索。

当你试图理解在水中看到的颜色时，首要之事是弄清楚你看到的是水，还是实际上只是反射形成的倒影；有时，结果显而易见，但并不总是如此。站在水坑边，从水的上方直接看向水中，假如水体清澈，便能看到不少事物。你可能会看到自己的倒影，可能会看到坑底的泥土，也可能会看到一些褐色的泥渣在水中打转，特别是如果有人刚从坑中蹚过。这些景象各有其重要之处，但首先要意识到，当我们俯身看向水中时，我们可以选择自己想要关注的东西，因为我们是从一个很高的、接近垂直的角度看向水面的。

然而，倘若走开二十步，再往回看，你便无法看到任何泥渣或坑底的泥土，事实上你根本看不到水本身，因为你看到的只是对面与你所在角度相同的无论什么东西的倒影。当我们从低而偏斜的角度看水的时候，我们根本看不到水中。在思考水的颜色时，这是一个很重要的考虑因素，因为很多时候，我们以为自己在看水，但事实上看到的只是远处的其他事物。向远处的海面眺望是一个极好的例子，在此情况下，我们的目之所及被更远处的天空倒影所占据。这就是为什么远处的海面在晴天里呈现蓝色，而在乌云密布的天气里看起来却是灰色。

俯身看向水坑与在海上远眺是两个极端，在这两种情况下我们很容易能预测出自己会看到的东西。但当我们看向离我们不远又不太近的水面时，事情就变得稍微具有挑战性了。站在宽阔河流的一岸，我们至少能看到水中向下延伸至脚边的一部分景象，但是在远处的水面上我们只能看到倒影。所以水的颜色在两岸处常常看起来差异甚远。如果主动寻找，你会注意到这一点，但如果不刻意去找便会忽略掉，因为我们的大脑已经习惯了这种效应，所以完全不会意识到它的不寻常之处。



我们能看到A鱼，但看不到B鱼，只能看到对岸的树

试着将自己的目光从河岸边缓缓向对岸扫视，看你能否发现从只能看到对岸的倒影，转变成能够看到水中这一变化发生的交界处（如果河水清澈透明，最容易观察这种效应）。这种转变不是在某一点发生的，因为它受到了几个因素的影响，包括从上方以及远方照射而来的光线角度及强度。你应该能注意到，在某一片水面上，这种转变十分明显（通常在20到30度之间，或者地平线之上2到3个拳头的宽

度）。

可以想象到的最简单的实验能够证明光与我们看到的水的颜色之间存在一个基本关系。在夜间，将一杯水放在你面前，然后关掉所有的灯，于是这杯水随着房间中的一切消失了。水的颜色变成了黑色！这听起来很荒谬，因为太明显而几乎毫无意义，但有一点：没有光线照在水上，水根本不会有什么颜色。是光赋予了水颜色。

等灯光再次照亮房间，比较一下杯中的水与浴缸中的水的颜色，事情就变得更加有趣了。假如你的浴缸是纯白色的，试着在它内部注入几厘米深的水，然后朝里面看去。你会发现它看起来完全无色透明，与杯中的水没什么两样。接着继续往浴缸中注水，直到它明显变深。看向现在稍深的水，你能发现水有一丝发蓝吗？当我们从船中看向清澈的深水时，同样能看到蓝色海洋，这与浴缸中的水呈现出淡蓝色的背后有着相同的原因。

纯净的水没有颜色，但它会吸收一些颜色。当白色的光照进水中，有一些被反射了，还有一些被水分子吸收。进入水中的白光由七色光组成，这些色彩并不会被均匀吸收。红色光、橙色光以及黄色光要比蓝色光更多地被水吸收。结果便是，白光要透过的水越多，当它反射回来时就看起来越蓝。你是否曾注意过，当一个白色物体掉入看起来清澈深邃的水中，它在消失之前变成了蓝色？假如将浴缸底部白色的塞子拔掉则会发生相反的情况，塞子会从微蓝色变成白色。

从浴缸到泳池，随着水体的尺寸越来越大，光线要透过的水量也随之增加，于是更多红色到黄色波段的光被吸收，所以我们觉得泳池是浅蓝色的，尽管池底的颜色是白色。科学家们已经发现了在水中穿过最远距离而不被吸收的颜色：蓝绿色光（他们甚至已计算出它的波长是480纳米[49]）。

接下来要思考的是水下有什么。如果你有一个平滑洁白的浴缸，那么浴缸实验的效果最好，原因很简单——在浅水中，水下的任何东西都会对水面上看到的水的颜色产生巨大影响。可能你已经注意到，在海滩上，从波浪破碎的地方到远方的深海，海水的颜色会越来越深。但我们同样已经习惯了每片海滩处的水看起来都独一无二，带着自己标志性的色彩组合。这是因为海床会让海水呈现出不同的颜色，海水越浅，效果就越明显。

假如你身处一片白色海滩，最浅处的水（几乎无法淹没你的脚）看起来会是白色的，但在不远处，水会呈现极浅的蓝色，再远处蓝色会加深一些。随着你的目光从岸边向远处移动，颜色会继续加深，直

到明亮的白沙完全不再影响水的颜色。

在金色沙子或卵石覆盖的海滩上，你会看到相同的效应，但是颜色会接近蓝绿色或绿松石色。在那里，黄色光和蓝色光混在一起，随着水深的增加，颜色会从最浅转为最深。至于海床，不过是不同颜色的混合，就像调色板一样。海水越深，蓝色就越多，但在较浅的水中，海床的颜色混入得更多。

现在我们准备将这三种效应结合起来。站在齐脚踝的海水中，你可以为自己的调色板调出颜色。分别试验垂直向下看，往几英尺远处看，再往更远处看，试着把与水的浅蓝色相关的颜色、海底的色调以及天空的倒影过滤掉。

在晴好的一天，几朵零散的预示好天气的积云从天空中掠过，这些云像绵羊一样蓬松，你因此有很大机会能目睹天空对水的颜色的影响。注意与云彩投下影子的水面相比，在明媚阳光照耀下的水看起来更接近蓝色。这种效应非常明显，以至于很多人看到水上的云影都误以为是水下发生了大事。人们通常都会认为一定是水深突然发生了改变或者突然出现了一大群鱼，但如果有耐心，你能看到这些颜色更深、不那么蓝的水面随着云彩向前行进。

如果不确定，试着画一条线，以太阳为起点，穿过一小朵云再往下直到水面。想要精确地预测影子会落在距你多远的地方很难，但这个方法至少能让你看向正确的方向。同样地，如果看到这样的一片深色水面，你可以将它与太阳连线，又因为它是云的影子，那么这条线上的某个位置一定会有一朵云彩。确认水上影子的形状与云彩的形状一致，能带来一种奇特的满足感。

学习识别水中颜色的变化预示的是水下的变化，还是天空中发生的变化，这是一门需要不断精进的艺术。在世界上的很多地方，比如太平洋，它成为一项实用的技艺。船只在珊瑚环礁之间穿梭时，周围海水的颜色是它最好的海图。GPS加上最先进的电子海图都无法胜过一位经验丰富的本地船长，他的眼睛对蓝色海水最细微的光亮都十分敏感。甚至电子深度计，比如回声测探仪，与这些颜色变化比起来都是小巫见大巫，因为深度计通常只能测量船下的水深，却无法告诉你周围海水水深的变化。而与海水颜色的变化比起来，珊瑚环礁的电子海图仍旧十分模糊且不精准得可怜。

经过多年的训练，这些海域的航海家能够在这些凶险的礁石之间闯出一条安全的航道，他们只需在各种深浅不同的蓝绿色中挑选出一道细细的深蓝色。1880年代，靠近英国的一位渔民在采访中被问到北

海的航行，他说：

> 当你吸取了教训，世界上就再没有比在北海中选择航道更容易的事了，只需让水深以及海底的特性指引着你。

深水和浅水处海水颜色间的差别催生了一个常用的海上术语："蓝水航行"（blue-water sailing）。如果有人说自己是蓝水水手，这可没有它听上去那么浪漫或者愚蠢，他的意思是他在深水中航行，一般为跨洋航行。"棕水"（brown water）这个词现在不太常用了，但它指的是浅水，按照惯例，棕水是不超过100英寻[50]的海水，而蓝水是任何超过这个水深的海水。

若你确实注意到海水的颜色有所改变，而且这个改变持久稳定到能让你排除云彩或光线变化的影响，那么这说明海底发生了实实在在的变化。如果表现不甚清楚，那么需要我们做一点探查工作；当地水手或许能够提供答案，但你可以通过找到这片海域的海图而自己做一些侦察，不管是纸质海图还是从网上查找的电子海图。如果这里是你家乡或者自己喜欢的沿海区，那么买下当地的海图是一笔很不错的投资，因为它能为你提供很多信息，而且可以解释海水颜色的很多微妙变化，否则它们可能让你疑惑多年。海图上零散的字母能够揭示海床的性质，"S"代表沙质，"Sh"代表岩质，"M"代表泥质，"Wd"代表海草，还有奇妙的"Oz"代表软泥[51]——对于任何想要抛锚的船只来说这都是重要的知识，因为它们能够帮助我们解开很多海水颜色的谜题。

最近一次去多塞特的珀贝克半岛时，我花了些时间绕着一个名叫"蓝色水潭"的地方缓缓散步。那天早晨阳光普照，潭水从一种充满活力的绿松石色变为常见的深蓝绿色，在投下树影的地方，水是更深的湖绿色。水潭获得这个名字，是因为它的颜色非常突出。它与所有其他湖水和附近海水的颜色都不甚相同。但由于当地很多其他湖泊的湖底性质都较为类似，水深也差不多，而且都位于同一片天空下，因此这种特殊蓝色的原因一定要从其他方面来寻找。

"蓝色水潭"是一个废弃的黏土坑，正是水中悬浮的黏土颗粒带给潭水迷人的颜色。没那么吸引人的是康沃尔的红河，它的名字来源于此地在锡矿开采全盛时期被冲走的富含铁的尾渣。现在采矿业已经歇业，这种红色也已褪去，对野生生物来说这是个好消息（矿工可能没那么高兴），因为这种红水有毒，生物无法在其中生长。

所有你在野外看到的水中都含有一些粒子，即便是在看起来原始纯净的水源以及最有荒野特色的湖泊里，其水中和水面上都有着上百

万的微小杂质。藻类、细菌、粉尘、花粉还有其他物质都会出现，并且为湖水增添颜色，有时这不太明显，偶尔则相当显著。

记得最近一次乘坐飞机，飞机从希思罗机场起飞后不久，机身微侧，我向窗外看去。在机翼之下，有一些湖的形状十分规则，很多湖岸线都是笔直的，不可能完全出自天然。与其他的湖不同，其中的一面呈现出明亮的绿色，这让我印象深刻。亮绿色的湖离附近的农场最近，这解释了它不寻常的颜色。

当湖泊或池塘的静水出现科学家所说的“富营养化”（eutrophication）时，意味着其中的营养物质太过丰富，打乱了它微妙脆弱的生态系统。藻类生长需要三种东西：水、阳光和营养，如果这三者都达到它适宜的量，那么它便会发生水华，并彻底改变水的颜色。

水华不只是改变湖或池塘的颜色，它们会影响整个生态系统，大幅度削减照射进水中的光线，并且耗用水中太多的溶解氧，从而可能杀死鱼类和其他生物。这些亮绿色的水看起来很有趣，但它们并不是最适宜的动植物栖息地。大部分人都不喜欢在这些水中游泳，因为他们本能地觉得这水既不干净也不卫生，而它们也确实有毒。

在世界上的某些地方，一种更加夸张的现象由藻类引发。亚马孙河在某些地方呈现黄色，而在靠近巴西的马瑙斯，这种黄色的河水与内格罗河的红黑色水相遇混合，构成了一幅色彩鲜明的画面。每一种颜色都是河水里不同粒子以及藻类作用的结果。有一种特别的水藻，叫杜氏盐藻（*Dunaliella salina*），它会将一些咸水湖，比如澳大利亚的希勒湖或者塞内加尔的玫瑰湖转变为鲜艳的粉红色。“赤潮”（redtide）指的就是一些将海水颜色变为红色或红褐色的水华现象。我们认为它们由营养水平和温度的波动引发，对于海洋生物和人类都可能有毒。

在营养尺度的另一个极端，假如水“贫营养化”（oligotrophic），即水中营养物质含量很低，那它就会异常清澈诱人，因为藻类无法在此生长。最典型的一个例子是地中海，它的营养水平极低，因而海水中的藻类非常少，水也清澈透明，我们喜欢在此度假游泳。

水中的很多粒子都是无机物，一种泥、沙、黏土、粉砂、白垩岩以及其他物质的混合物，每一种都会影响我们看到的颜色。在低地河里这一点十分典型，那里的河水运动时时刻刻都在将泥沙从岸上搅起，使得河水呈现浑浊的浅褐色。当你看到一条支流汇入流域面积不同的溪水或河流中，比较它们的颜色，你会发现它们绝少相同，因为

它们流过的路途不同，因而携带的粒子也不尽相同。在婆罗洲[52]，我目睹了达雅克人解读河中极为细微的细节的能力——他们识别溪水交汇之处的颜色就跟我们解读路口的标示一样轻松。

有一些冰川湖会显示出明亮的浅蓝色，因为水中含有一种叫“石粉”（rock flour）的东西。这些细小的岩石粒子在冰川的捣碎和研磨作用下被精细打磨，然后被带到湖中。这些非同寻常的水体可以在任何有冰川的地方出现，包括加拿大和挪威，虽然颜色鲜艳却十分干净卫生。

如果有机会，在一场风暴前后研究一下近岸的海水。风暴的猛烈活动会将海床搅起，为海水染上新的颜色，但在一天之内便会褪去。

我们看到的颜色有时还会受到水面上的东西的影响。石油泄漏为水面带去的斑斓色彩常常会进入令人忧心的新闻简报，但我们可以通过茶水表面的有机油膜来发现相同的光学效应（在不加奶的茶上更容易看到，面朝光线，视线放低）。水面上的油、灰尘以及很多其他临时访客都会以一种不受欢迎的方式改变水，但有一种常客却十分美丽。

希腊神话中的爱神阿芙洛狄忒和罗马神话中的爱神维纳斯都诞生于海中的泡沫。这一神话时刻被波提切利记录在画作《维纳斯的诞生》中。就像一个狗仔守着门抓拍古典女神最私密的一刻，波提切利为我们展现了那些注定只能被想象的事物。但是波提切利没有在他的画作中展示的是，据赫西俄德[53]所言，海中的泡沫是乌拉诺斯[54]的生殖器被克洛诺斯割去后扔入海中产生的。远离略为污秽的神话，泡沫背后的科学原理令人有所收获。

泡沫会为在强风或破碎波之下快速流动的河水和海水添上颜色，这使得它几乎天天出现在水面上，在某种意义上，如果你身处地球之上，事实也的确如此。在科学家看来，地球是太阳系中唯一一个风吹过开阔水面会造成起沫波浪的地方。

我们知道，我们看到的泡沫通常都是白色的，尽管水并不是白色。事实上，即便是更深的泥褐色水面上出现的泡沫仍旧是白色。甚至可口可乐中的气泡也是白色的，这是为何？这跟云彩是白色以及大部分粉末都是白色背后的原因一样。你是否曾注意到，如果将彩色的东西研磨成精细的粉末，不管最初的颜色如何，它一般都会变成白色？

泡沫是空气被水包住后产生的微小空气囊。相反，云彩是被空气

包住的小液滴。当光线照在它们上面，它会碰到很多大小不同的球体。光线从这些大小各异的“球”上反射回来，每一种大小的球体都会反射出一种不同的颜色。这些不同的颜色同时进入我们眼中，合在一起因而显现为白色。当粉末足够精细时也会出现同样的结果。但如果仔细观察泡沫，你会发现那些色彩有时会快速闪现。

泡沫中的气泡通常很快就会破灭，泡沫也会随之消失，在海滩上时，我们都曾在自己脚踝周围见过这个现象。泡沫长时间不破说明水中含有一些其他物质，特别是一种叫“表面活性剂”的化学物质。这些化合物，包括常见的肥皂以及很多类似的工业制剂，使得泡沫能够维持很久而不消失。持久的泡沫说明水一定不够纯净。

浪漫主义者别看！

在我早期的一本著作《自然探索者》中，我写到一种叫作“天空蓝度测定仪”的工具，它是由瑞士旅行家及物理学家奥拉斯——贝内迪克特·德索叙尔发明的。事实上它是一组彩色色板，能够拿来有效地与天空颜色做对比，然后评定天空的蓝度。

如果天空的蓝度可以得到测量并获得编号这一观念让你害怕经验主义者会不择手段，那你真的必须在这里停下了。水科学家们研发出了自己的蓝度测定仪，名叫福雷尔——乌勒水色等级表，因为它是瑞典科学家弗朗索瓦·阿方斯·福雷尔以及德国地理学家维利·乌勒发明的。等级表是这样使用的：21支装有液体的细小试管被分别编码，它们涵盖了从较浅的蓝色（1号）到较深的可乐棕（21号）等21种颜色。

正如我们前面看到的，光线在水面上的反射会对水的颜色产生巨大的影响，因此福雷尔——乌勒水色等级分类法避开了这一因素的影响。它将一张白色的圆盘伸入水中，直到它在水中消失，记下此处的水深，再将它提高到水深的一半处。之后将圆盘的颜色与试管中的液体颜色做比较，用最接近的号码给此处的水编码。

很多实验和研究都证明了几个有趣的现象：首先也是最让人意外的是，我们人类其实非常擅长客观比对颜色，因此能够相当精确地读出它们，从而为水编码。其次也是最有用的是，这种颜色对于水中的状况是一个非常好的指示。

以下条目能让你大致了解我们能从水的颜色中推测出什么，前提是我们已经确定这种颜色来自水中的粒子，而不是水底或者水面上反射的光的颜色。

- 靛蓝到绿蓝（等级1—5）。营养水平低，微生物生长缓慢。这种颜色的水被微小的藻类（浮游植物）占据。

- 绿蓝到蓝绿（等级6—9）。这种颜色的水里仍旧主要生活着藻类，但也可能有较多的溶解物以及一些沉积物。通常靠近公海处的海水是这个颜色。

- 绿色（等级10—13）。通常是沿海的水，营养物质和浮游植物含量增多，但也含有矿物质和溶解有机物。

- 绿棕到棕绿（等级14—17）。营养物质和浮游植物高度聚集，但沉积物和溶解有机物的含量也有所增加。一般为近岸水域和滩涂。

- 棕绿到可乐棕（等级18—21）。腐殖酸浓度极高，一般是河流与河口中的水。

海岸及海洋光学监测市民天文台使用了上面这个条目，其中有一个公众科学项目，甚至还有一个应用程序为那些抱有兴趣并希望参与其中的人服务。奥拉斯—贝内迪克特胜出！

第十章 光与水

去年，我在维多利亚和阿尔伯特博物馆[55]看了一场康斯太勃尔[56]的画展。“大师的养成”是一个备受赞誉的临时性展览，它重点展示了众多大师对康斯太勃尔的绘画技法和个人发展的影响。说来惭愧，我时常发现自己很难被展出的作品打动。

然而，当我伫立在他1796年的画作《月光下的风景之哈德利教堂》前时，之前所有那些隔阂都一扫而空。看着这幅画，我被其中对水的超凡描绘深深打动。画作似乎在用一种私人的、几乎是密谋的方式与我对话——这感觉好像在接收一个暗号。有那么几分钟，康斯太勃尔和我成为一个秘密组织的两个成员。但紧接着，这个奇怪的组织开始发展壮大。

挂在这幅作品旁边的《月光下的风景》很明显影响了前者，这幅作品由彼得·保罗·鲁本斯[57]创作，比康斯太勃尔的作品早了150多年。这幅画同样描绘了在康斯太勃尔的画作中呼之欲出的那种景象，虽然有所不同，但其对水上倒影的忠实处理同样不同凡响。

很少有人会注意或在意月光在水面反射的景象，更不用说忠实地将其描绘下来了。发现自己正置身于两幅如此杰出的画作前让我感到兴奋异常。一旦我们学会剖析一种叫作闪光路径（glitter path）的光学效应后，我们就能理解这两幅画中的水面上发生了什么。

我本不该为康斯太勃尔或鲁本斯的作品惊讶，这是大画家的艺术造诣。他们通过比别人更加细致地观察，以及一种我们担心只有自己才会关注的语言一一传达信息，从而为我们带来了自我满足的愉悦感。

《月光下的风景》，彼得·保罗·鲁本斯绘

光线照入水中又到达我们眼里时，它一定遵循了三条路径之一。我们之所以能看到光，只是因为有什么东西让它大幅度改变了方向，并且进入我们眼中——它要么被水面反射，要么被水底反射，又或者被水中的粒子反射。在上一章里，我们已经了解过诸多光线向四周反射以及从粒子上反射后出现的光效应，生成从明信片风景似的蓝色到令人担忧的粉色等各种不同的颜色。本章里，我们来更加深入地了解在水面上反射的光，以及一路照进水底的光。

在能够靠近清澈深水的地方找一个观测点，在那里你既能向下看入水中，也能透过它看向明亮的天空。如果可以的话，找到一个水面全部笼罩在阴影下的地方，而它又靠着一片没有阴影的水面。这样能够证明光照水平的重要性，因为看向阴影区时，你能够向下一直看入水中，但是在明亮的区域你却很难看到水面之下的景象。

接下来，找到一片水面，水面上有一片浅水位于阴影之下，另一片被来自你身后的阳光照得明亮——清早或傍晚最好。你能看到情况发生转变了吗？明亮的区域现在比阴影下的区域更能看得清楚水下了。你身后明亮的光线并没有在水面上形成刺眼的光，相反，它让你能够看清水下以及水底的很多细节。

一旦体会到这种明亮水面与阴暗水面之间的显著差异，你就能明白如何在水下发现自己本可能错过的鱼类、植物以及昆虫。在阿伦河的河岸上，有一个我非常喜欢的地点，我对它的喜爱源于那儿的系缆桩，这些高高的桩子在河岸附近伸出水面，在水上投下了一系列阴影带。我喜欢利用这些桩子以及它们投下的影子来观察鱼类从阴影区游

到明亮区又回到阴影区，从而不时地出现又消失的景象。

在阳光普照的日子里，如果你盯着一块平静无人的泳池，将自己的目光投注在池底，池底的景象会一清二楚。这没什么特别或让人意外的地方。等有人跳入泳池，这时再看一眼，你会发现水面的震荡使你完全看不清楚池底。而一旦那人钻出池水，水面恢复平静，再看一眼，此时你会看到一幅非常美丽的景象。水中会出现一些非常美妙的亮光图案，明亮的白色光圈在池底舞动着。在晴天看向一座桥的底部，你常常会看到相同的景象——水面向黑暗的桥底投射出了明亮而弯曲的形状。

这两种效应彼此关联，而且呈现了我们感兴趣的两个领域中的一种效应。池底的亮光图案是光线照进水底形成的，而那些不断变化的奇怪形状是水面上的水波轻柔摆动的结果。这些波动使得水面好像一个不断弯曲的透镜，将光不停地聚焦在某些地方又拉开，最终造成了这种明亮线与阴暗区交替的形状。桥下的图案是阳光在河中如透镜一般的波浪上反射形成的——在晴朗的天气里，你还能在船体上看到相同的景象。

当太阳仍高悬在天上，它的反射光太过明亮，无法安全地长时间直视它。但如果是月光，你便可以直视月亮的倒影。注意观察月亮的反射光如何在水面上形成了复杂的图案，与桥底或泳池底部的图案类似。这些图案被称为“月亮圈”（moon circles），只要有明亮的光点在水面上发生反射便能见到。这些月亮圈的形状改变非常迅速，以至于我们的大脑无法合理地对其进行追踪，但是定时曝光摄影已经表明，当一个微小的光点——一个微型月亮——分裂成两个明亮的光点后跳跃着离开彼此，随后又同时滑回去并消失，便形成了这些月亮圈。

泳池效应很容易发现，你还能够在清澈的河水、湖水，有时在海水中发现它。如果花时间细细寻找，你会发现一些出人意料的、不易察觉的化身。任何停在水面上的东西都会使得表面的水膜发生轻微的弯曲，即便再小的昆虫也是这样。在晴好的天气里，一只虫子降落于清澈的浅水池塘上，会在池底形成一些微小明亮的光点，每一个对应着虫子一只细细的脚——这种美丽的图案是我最喜欢的淡水景象之一。

我们在水中看到的大多数现象都会受到光线与水面的作用方式的影响。最佳的证明方法是，下次在观看平静的水面时做一点观察实验——宁静的池塘、湖泊或者非常平静的河流，甚至泳池都可以。水面或许看上去非常平静光滑，但那只不过是因为我们所处的位置无法让

我们看到细微的运动。只要能够找到光影与黑影交叠的地方，我们便总能在水面上发现一些动静。

只需在水边探索一番，或许向后退上几步，直到你能看到一片明亮区（比如天空）和一片阴暗区（比如对面的树木或建筑）的倒影彼此相接的交界线。在这两片明暗区域的边缘，你能够清楚地看到水面上的繁忙景象：细小的漩涡，微弱的水流，虫子或鱼儿在水面上制造出的细微水纹。野外的水面从不会停滞不变，假如它看上去静止不动，那这只是说明我们需要移动自己，直到发现光影与黑影交汇的地方。

现在，倘若你再次移动，直到确认自己看着的水面要么完全处于黑影之中，要么完全处于明亮的倒影中，那么它看起来又会比较平静。这个实验证明，反射光对我们解读相对平静的水面上发生的情形非常关键。只要你对水面上的变化有兴趣，就很值得花点时间在光影和黑影之间找到那条分界线，因为在一分钟内，你能学到的东西与你盯着完全明亮或完全阴暗的水面一个小时所学到的内容不相上下。通过水中最轻微的波动发现水下的一条鱼，这是一件非常有成就感的事。

在看过水中的倒影后，你会注意到的一件事是，水面并不像一面完美的镜子那样发挥作用。明亮的物体在水中的倒影会显得有点发暗和沉闷，而深色的物体则显得明亮一些。除此之外还有另一个重要差异，即倒影能为你所观察的物体带来一个略微不同的观察角度。这点让很多人都感到意外，尤其是初习绘画的艺术家。倒影展示的是从水面上你注视的那一点所能看到的景象，而不是从你的立足之地看到的东西。这听起来可能有点复杂，但等你外出并亲自寻找这种现象时便能一目了然。有一种理解方式是，倒影能更多展露出水中或水面附近的事物底部，比如低低的桥或者站在浅水中的鸭子的屁股。因为这个原因，我喜欢称它为“鸭屁股”效应。

我最喜欢的例子是，平静水面另一端的树木以及它们的倒影为我们展示了同一片树木的两种景象（我之所以喜欢它是因为这个例子在实际中不时地会帮到我）。在自然导航中，解读树枝的形状非常有用（朝南的树枝生长得更加水平，而朝北的却更加垂直地生长），但如果没有天空而只有颜色更深的其他树木做映衬时，我们便难以看清树枝的形状。在这种情况下，树在水中的倒影便十分有用了，因为它意味着你可以从更低的位置观察它，这个角度常常能让天空把树木的倒影映衬得更高。

“鸭屁股”效应

假如风势增强，水面出现较大的波浪，你便无法看清倒影中的任何细节，但如果是微风拂过泛着涟漪的水面，有一种有趣的现象值得去发现。在荡着涟漪的水面上，你会发现自己常常能够识别出倒映在水面上的垂直结构物体的形状，却看不清水平结构物体的形状。观察此现象最好的例子是一座带有桥墩的桥。如果水面泛起涟漪，通常你能够看到桥梁在水中的倒影，但是桥的主体却几乎完全消失不见。

涟漪使得水平结构物体在垂直结构物体前消失了

光线照在水面上最迷人的一个现象是，在白日开始或将尽时，太

阳光反射在大片水面上，形成了一根明亮的光柱。这种波光粼粼的长倒影被称为“闪光路径”，它之所以形成，是因为我们的眼睛接收到了来自向远方延展的波浪侧面上反射而来的无数个微小的太阳倒影。闪光路径的形状能让我们估算出太阳的高度以及波浪的高低程度。随着太阳西斜，闪光路径会变得越来越窄，而随着波浪越来越高，它会变得越来越宽。

水面最为平静时闪光路径最窄

数学家已经发现，这是一门相当精准的科学，闪光路径能够准确地揭示有关太阳和水面的一些数字。例如，假如太阳在地平线上30度，波浪的角度为5度，那么闪光路径将有20度长，10度宽。但我们无须埋头于数学计算以发现闪光路径的含义，只需观赏它们，并牢记两个基本原理：太阳的高度和水面的起伏程度会改变闪光路径的长度和宽度。

实际中，这意味着当你远眺一道闪光路径，太阳的高度在几分钟之内不会有什么明显的变化，因此任何宽度的变化都说明波浪的高度肯定发生了改变。不难看出，闪光路径的宽度并不均匀，它在某些地方会明显地凸出加宽。由于闪光路径会随着波浪高度的增加而变宽，这就说明这一块水面上的波浪更高，很可能此处风力更强。

闪光路径并不完全因太阳而生成，任何明亮的光源都会造成这种现象，只要这个光源从你对面照射过来而且高度很低，月亮、行星，以及明亮的星星都有可能形成闪光路径。其中最常见的是人造光源造成的景象。记得有一晚我在法尔茅斯港眺望，注视着来来往往的船只，欣赏着这座繁华城市的灯火在水中形成的又长又窄的闪光路径。在水面因潮流而波动起伏的地方，我看到一处凸出，这幅景象令我十

分满足。

通常，在你伫立位置附近的水面会比远处更加动荡一些，因为近岸的水更浅，因而波浪会变得更高。这常常会使得闪光路径在离你最近的地方加宽或延展。事实上，这个现象太过常见，我们的大脑已然习惯。我曾注意到计算机图形设计师们是如何将此巧妙地运用到电脑游戏中，从而使水面看起来逼真得多。具有讽刺意味的是，通过更加仔细地观察自然，软件设计师诱使我们相信水面是真实存在的，这非常有趣，也许是时代的标志，或未来的事物。

闪光路径一般都在你和太阳、月亮或其他光源之间形成一条直线。但有时你会在它们中注意到一个轻微的弯曲或弧线。这种弯曲不同于因更高的波浪而形成的凸起，后者通常两边是对称的，而是闪光路径自身发生了弯曲。最常见的原因是风吹过闪光路径，改变了波浪的形状。这种现象十分美丽，值得我们眺望欣赏，因为它看起来好似风将阳光吹洒过水面。

闪光路径的颜色常常看起来要比制造它们的光源更红。淡黄色月亮或许会洒下一道橙色闪光路径，因为光线中蓝色波段的光被散射掉了，只留下了黄色、橙色和红色光。

你觉得应该会出现闪光路径却没有看到，说明波浪实在太大太高了。你总会在对于形成闪光路径来说太过平静的水面中看到一些倒影，比如晃动伸展的月亮或太阳，甚至在水面完全平静光滑时看到接近实物的映象。但当波浪的大小超过一定程度，闪光路径便会消失，因为波浪的波面无法再充当镜面。如果波浪根本不大，那么试着摘下你的太阳镜——闪光路径是高度偏振的，因此在它们透过偏振镜片时会被大大削弱，当然这一点也是水手们会戴太阳镜的部分原因。

假如眼前的闪光路径延伸过海面及一片靠近陆地的水面——可能是不远不近处的一座岛，那要特别仔细地观察一下。你应该能够识别出在某些地方，波浪撞上陆地并反射回来，引发我们在前文里提到的有趣的干涉波。这会使得闪光路径变窄或变宽，或者在某些情况下，比如在波浪垂直相遇的地方，它会制造出一些略微不寻常的图案，比如明亮的长方形白点网格。

闪光路径说不出的美以及复杂的结构很难通过记忆重现，所以它才会让风景画家们时不时地犯错，特别是那些太过依赖自己想象力的人。只要花点时间欣赏户外与照片中的闪光路径，你便能很快看出一位画家假装看到了自己并没有看到的东西。当代画家们无法完全准确描绘闪光路径的例子数不胜数——在摄影的时代里尤为如此。

你并不需要金光灿灿的闪光路径来观察风如何影响水面上的光照。这里有一个实用的技巧：在精细的布，比如毛毡上，你能够通过观察上面的阴影看出它们被刷过的方向，甚至一只手轻轻从上面抚过也会留下明暗区。如果用手抚过斯诺克球台、绒面革外套或者随便什么天鹅绒制品，你便能够留下并看到这些印迹。这些明暗区不是随机生成，它们遵循着一个简单的原理，即如果布料朝你的方向刷来，它们看起来就会暗一些，而如果往外刷去，看起来则会明亮一些（正是这种效应使割过的草地上出现了明暗带，当割草机往你的方向割去，被割过的草地看起来就会暗一些）。

当我们看着水面，风是吹向我们还是往我们对面吹会引起巨大的差异。发现这一点最简单的办法就是，在太阳不算太低的时候迎风远眺一大片水面。你会看到，正对着你的水面看起来要比两边稍微暗一些，因为你面前是水的“波丘”向最正对着你的方向被“吹刷”来的位置。当风从你的背后往前吹去，相反的结果当然成立。水在你正前方的地方看起来会明亮一些，而两边则要暗一些。

此处还有很多细节，而我们的大脑因为已经习惯走一些捷径，所以忽略了它们。但这些细节非常有用，甚至在大多数时候都很关键，因此有时会制造出一两个意外。人们已经在月球上的环形山里看到过人脸，在酒杯中看到过耶稣的脸，也在一棵树的树皮上看见过猴子。2014年12月，一场风暴袭击了英国（这场风暴太过猛烈，已经不能算是风暴，媒体称它为“天气炸弹”），观测者们在一张波浪照片中看到了一张脸，其中的波浪有着各种各样的称呼，比如“上了年纪的绅士”、吝啬鬼[58]或者上帝。

大脑的这种在可能毫无意义的地方发现一些图案并赋予其含义的习惯被称为“空想性错视”。这个习惯令人着迷，有时也让人迷惑，所有读水者在四处奔跑并声称自己发现了奇迹之前都应牢记这种效应。这不是说你在水坑中的街灯倒影里看到的抹大拉的马利亚[59]的脸一定不真实，而只是说我们在看到时需要考虑它并不真实的可能性。

有时，光与水中的粒子合在一起会制造出一些有趣的颜色和稀奇的现象。在纯净的水中，你绝不会看到自己的影子，因为没有什么东西可以让光反射回来。你可能会在池塘、水池或者小溪的底部看到自己的影子，但是无法在纯净的水中看到影子。然而，当水中含有一些微粒时，它变得浑浊或“污浊”，光线便可在这些粒子上反射，从而让我们可能同时看到照入水中的光线以及影子。想想黑暗房间里手电筒的光束，你能看到被光束照上的墙壁，但你看不到光束本身，除非空气中有很多尘埃，那么才能轻松看到它。因此，如果你在水中看到了自己的影子，这说明水并不纯净，里面含有很多微粒。

当你凝视浊水时，看着自己的影子，有几个现象值得留心寻找一下。首先，你的影子边缘可能会有一圈橙色的光晕。这是因为水中微小的粒子并不会将所有波长的光（即所有的颜色）平均地反射到你的眼中。橙色光比其他光更容易反射回来。假如你看到了橙色的“晕”（halo），那么一定有第二个现象值得去发现，也就是你可能会发现自己的影子边缘出现一些光束，并在水下向四周辐射出去。这种效应有时被叫作“光环效应”（aureole effect）。这些辐射的光束在观者看来并不是什么神圣的变化，而是往与太阳相反的方向看去时所出现的光学效应，我们在看自己的影子时也会如此。在静水中，假如拿棍子轻轻搅动水面，你看到光环效应的可能性会更大一些。如果是深水，我发现在地中海更容易看到这种效应。

我常常被问到一个主题差不多的问题：在现代世界里，我们为什么还要花时间注意这些东西？从说起这些技能的必需性到认为它们完全缺乏意义，这些问题的礼貌程度不尽相同。不可避免地，我经常在看向水中时也会扪心自问。我给自己以及他人的答案常常不尽如人意，但是没有关系。当我们用一位航海家和一位绘画大师爱徒的眼光观察世界时，我们在片刻内所怀有的那种兴奋之情，便是它们给予我们的唯一的回报。

第十一章 水的声音

在德比郡的峰区，有一座名叫伊姆（Eyam）的村庄，它的历史与水不可分割，同时还笼罩着死亡的阴影。“Eyam”——发音为“Eem”——这个名字来源于古英语中的“岛屿”一词，而这座村庄正是巧妙地置身于两条溪流之间。如今伊姆更为人知的原因，或者说它为人所知的根本原因是，在17世纪鼠疫横扫英格兰时，这座村子将自己与世隔绝，默默承受着如降地狱一般的痛苦。水在伊姆的悲剧中扮演了一个不可或缺的角色。

1665年，村子里的裁缝乔治·维卡斯从伦敦订购了一批布料，货物在经过长途跋涉后有一点受潮。维卡斯将布料平铺晾干，几只携带着鼠疫病菌的跳蚤逃了出来——它们在布料中安家，并从伦敦一路搭便车来到了这里。不久之后裁缝就死了。随着鼠疫席卷整个村子，村民们在他们的牧师威廉·蒙佩森教士的敦促下做出了一件无私且骇人的事：他们将自己封闭了起来。在传染病肆虐时，没人能获准进入或离开村庄。到了次年的10月，这座村庄的350个村民中死去了259人。颇有争议的是，在鼠疫隔离就快建好时，威廉·蒙佩森将自己的孩子送出伊姆，他想让自己的妻子也随之而去，但是她拒绝了，坚持要留在他身边。她一直活到疾病传播末期，但就在这个时候感染去世了。牧师本人是少数几个活过这场灾难的人之一。

只要水在流动，它就会发出声音，而这个声音能够用来帮我们绘制一幅周围环境的地图。当一座村庄因为被水环绕而得名时，它似乎就成为验证水声地图可能性的理想地点。于是我出发前往伊姆村，心中已想好了村子附近的几个具体地点。

如果没有从外界获得补给的途径，村民们便会挨饿。因此他们设计了几处地方，用来放置食物或者医药用品。村民们将无菌的钱币放在水中用以支付，这些金属钱币事先要用醋进行消毒。进行这种绝望交易的其中一处场所被称为“蒙佩森井”，以促使村庄隔离的牧师名字命名。

或许它可以称得上是一口井，但事实上它是一眼泉水。这眼汩汩涌动的泉水上覆盖着几块石板，用以在本来毫无地貌特征的平地上制造出一种类似饮用水池的东西。（对于毫无经验的人来说，这块地可

能看上去平淡无奇，但老练的读水者一定会发觉一些迹象的存在，因为水会改变地形景观。这片地上有一个浅浅的溪谷，那眼泉水为谷底流动着的一道细流供应着水，这道水流的流径被郁郁葱葱的深绿色灯芯草清晰地勾勒出来。）坐在空地的高处，我一边享用着三明治，一边观察着这块地势较低的湿润土地是如何吸引了这片区域的鸟类不时来这里聚集。在我身后，乌鸦和喜鹊正争夺着领地，蓝鸲轻快地飞到更高的枝头上，惊恐的鸣叫声透露出那些争吵的鸦科鸟儿使它们略微受了惊。

我从泉水涌动最厉害的位置走开，缓缓向长满青草的小山上走去，一边走一边专注地聆听着水的声音。水体本身当然不会发出单独的声响，而是发出音量大小不同的各种音符，大部分都很短促，极个别会比较长。我一直往前走，直到听不见水声，并注意到水声的消失不是在某个确切的时刻发生的。

我们在野外听到的声音会受到风、声音扩散以及被空气吸收的方式、地形、障碍物、气压、温度、湿度等各种因素的影响。所以对于制作声音地图（尤其是水声地图）来说，首先需要注意的是，这幅新地图里的信息不同于任何我们所熟悉的其他地图。

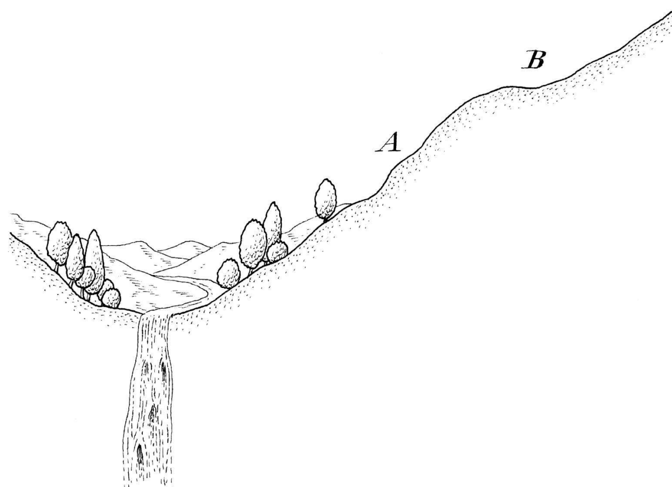
某些因素能让声音传播得更远，比如平坦的地面、无障碍物阻拦以及冷空气。我们离地面越近，地形的微小变化就越明显。在我能够听到泉水涌动的范围的最外缘，当我把头低下一英尺多，泉水声便从我的声音地图上消失了。这是一个有趣的现象，特别是在尺度较大的层面上。

通过研究我自己的感觉，以及那些毫不知情的路人的反应，我发现当一种明显的声音消失时，通常也是我们开始感觉迷失方向的时候。在瀑布附近时我喜欢反复做这个实验，请求人们指出附近的地标。尽管瀑布声清晰可闻，但很少有人会在这个简单的任务中失败。然而一旦地形的坡度发生了改变，水声因而被湮没，这时他们便常常迷失了方向，无法指出瀑布或者其他所有地标的位置。当一个人下意识地依赖瀑布水声来导航时尤为如此。

下图中，人们通常都能在A点利用瀑布水声带来的清晰方向指出当地的地标，即使他们无法看到那些地标。但是在B点，地形阻挡了瀑布的声音，于是很多人都难以完成以上任务。

低频声音，也就是低沉的声音，更容易穿过障碍物四处传播，但高频声音却容易在传播的过程中被障碍物反射回来。这在一定程度上可以解释，为何邻居家的低音音箱会让我们恼火不已，但小提琴声却

不会这样。这也是有些警察开始试用频率较低的警笛声的原因——在高楼林立的区域，高频警笛声会让人感觉混乱不清，因为声音会在建筑物上反射，听起来好像从四面八方传来。



在蒙佩森井之上的小山山顶，几辆车停在那里，偶尔我能听到身后的泉水声被反射回来。但这只有在风向恰当的时候才会发生，而且此时我听到的溪水声与我在平地溪谷中听到的泉水声不再一样，因为只有较高的音符才能一路传播，到达山顶上的汽车处，然后再回到我的耳朵里。

当天稍晚，我来到一座小山前。我知道那里的溪谷中流淌着一条小溪，这条小溪距我将要攀爬的小径时远时近。我在陡峭的小山脚下停住，竖起耳朵聆听起来。我听不到水声，只有身后不间断的车辆声。往上走几步，车声消失了，换成一个院子里饿了的小鸡发出的鸣叫声。我又往山上走了一会儿，然后再次停下。现在一种新的声音传到了我的耳朵里，孩子们在村子里的学校玩耍，他们精力充沛的嬉闹声清晰可闻，尽管我现在要比一分钟之前离他们更远一些。

我注意到，随着风声止息，他们的声音也消失了。我利用屋顶上的卫星天线，还有从下面烟囱中冒出的烟，推断出那座看不到但是可以听到的学校一定位于我的西南偏西方（在英国，大多数卫星天线都指向东南方，因为主要的广播卫星处在那个方位上）。但我还是无法听到任何水声。

小径的坡度缓和了些，往上走又出现了一块小小的平地，泥土在我的脚下咯吱作响，曾有很多人在此歇息。突然我听到了，潺潺流动

的急流声传了过来，不会有错。与之前的人声以及泉水声一样，在可听范围边缘，水声随着风力和风向的每一次变化出现又消失。

这个水声是比蒙佩森井微弱的泉水声更加有力的指向标，我可以利用它来多做一些拓展实验。每走几步，传来的水声都会发生变化，在我与水之间，水声穿越了各种树木和植被。小路和水之间生长着成片的斑驳的松树、云杉以及水青冈，每一种都充当了不同的声音过滤器。一丛云杉伸出成百上千个水平的、低低的枝丫，相互交错，上面没有生长针叶。它们让我想起老式音乐盒的齿轮。从水青冈的棕色叶子间费力穿过的水声断断续续、若有若无，而穿过云杉林的水声更加清楚且更连贯。水青冈类树木，比如一些橡树，还有柳树以及其他一些树木，在冬季时较低枝头的叶子不会凋落。这种奇特的现象被称为“凋存”。

在任何生长着水青冈的地区，在冬季时环顾四周，你会很快发现那些高枝上所有的叶子都已经掉光了，而高于地面几米之内的低枝上，却仍旧残存着棕色的树叶。那些在深冬里仍然生长着浓密棕色叶子的树篱往往是水青冈篱，正是由于它这种不会在秋天完全光秃的特性，水青冈常被用来做树篱。

科学家们通过研究发现，有些农作物能够很好地散射声音，从而成为绝佳的声音屏障，而另外一些农作物则难以阻挡声音的传播。事实证明，叶子如丝带一般长的玉米和小麦对于散射声音有着惊人的效果。水声地图不仅需要通过音量或者高低频来描绘，音色本身对于提示我们周围的事物也是一个关键因素。

每走一步，我对水声如何随着我左边树林里的树种而发生变化都有了更深一层的理解。之前在深入婆罗洲腹地时，我曾在野外使用过这个方法。在那里，因为没什么别的娱乐方式，我常常把自己塞进薄薄的木舟底部，一躺就是几天，其间我学会了闭着双眼，仅通过聆听舷外发动机噪声的回声变化来解读河岸的特性。盘根错节的树根与泥土混杂的典型河岸反射回来的回声听起来像是远处锡纸的抖动声。当这种回声转变为一种更加有力的敲击声，比如电锯的声音时，我便知我们正经过一处石灰岩河岸。

我很喜欢留意落水声是如何随着地面的每一处凹凸不平而发生变化的。湍急的水声停了那么一秒钟，我只用耳朵便欣喜地发现了一块被连根拔出的树桩，下面完完整整地带着沾满泥土的巨大球状根。

荷兰人巧妙利用景观设计的方法塑造并打磨了我通过聆听水声和突然的寂静来标记土地的能力。阿姆斯特丹史基浦机场是欧洲第四繁

忙的机场，它确确实实是一个极为嘈杂的场所。有一天，当地人注意到一个奇怪又令人高兴的现象：在农民犁过周围的田地后，四周变得安静了许多。景观设计师保罗·德科尔特受命研究农民的田地，借以降低史基浦机场周围的飞机噪声，这最终促成了机场周围一片富有创意的美丽景观。

事实证明，田野里的田埂和犁沟，以及它们形成的角度，对于降低机场附近的噪声极为有效。地形中的这些沟坎将声音反射到空中，使它们偏离附近的居民。德科尔特于是着手建立一个大型的田埂公园，由GPS导向的挖掘机进行作业，从而在更大程度上削弱噪声。

我跨过那个云杉树桩，坐在上面，从我的保温杯中倒出热茶。保温杯的能力总是能让我惊叹——茶水还是很烫，没办法喝，于是我一边等着茶水变凉，一边继续倾听着。一声细枝的断裂声将我的目光吸引到长满树木的山坡上，一只松鼠从断枝上跳走了，一片常青藤叶子缓缓地摇晃着落到地面上。我能听到水的哗哗声，但还是看不到它。

我坐在那里，啜饮着茶水，这时才忽然意识到一件事：随着风向每一次小小的转变，我们听到的河水声音也会发生变化。风向越是偏西，水声听起来就越为尖锐和刺耳，但只要风向转回南，水声听起来就柔和一些。相比南边，我西侧的水流一定在陡峭的地面上经受了更多的起伏跌宕。这样专心专注的时刻让我想起印第安人所使用的一种叫“伏击”的方法，他们会非常耐心地等着猎物找上门，而不是主动出击。

再次出发后不久，我震惊地发现面前有条小溪正向远处潺潺流去。对于任何一次寻常散步来说这不该是什么意外之事，但我的这次步行就是为了听水以及通过聆听来探寻水的踪迹。后来我发现小山为我做了一个完美的示范。我是顺风而行，一座座獾的洞穴在脚下的路上连绵起伏，地上还爬着云杉的树根，身后又传来很响的水声。正如我们看不到自己背后的事物一样，我们也听不到被风或地形屏蔽掉的声音。

这种情形让人觉得奇怪的地方在于，通常当事物位于我们身后时，我们认为它是不可见的，但是在用耳朵搜寻水时，“背后”这一概念总是相对于风向以及地形而言，而不是我们面对的方向。一件事物可以位于我们正前方，就像那条小溪之于我一样，但如果风从背后吹来，地形又不平坦，它就不会出现在我们的声音地图上。

在一次悠闲的短时步行中，这样的后果可能只是让我们更容易注意到上风区的声音，从而稍稍扭曲了我们能听到的事物，但偶尔它会

严重扭曲声音地图。1862年发生在艾尤卡的美国内战中，一阵北风借着地形一起制造出了一片声音阴影。事实上，当时有两支联邦部队正好部署在这片区域里，从而错过了整场战争，尽管枪炮就在他们下风区10公里远处开火。

蜿蜒曲折地走过了一段路，一条长长的灰色小路将我带回到山下的一座村庄，那里的街道名字清清楚楚地显示出它的水遗产：水巷、堤道，还有磨巷。我注意到，教堂上日晷的刻度不仅可以显示时间，还能用来标明纬度以及季节——这一定是为自然导航者建造的教堂。随后我朝西走出村庄，耳朵已经为前方练习做好了准备。在我探寻一条神秘瀑布时它们会派得上用场。

当水从某一高度垂直落到另一个高度时便会形成瀑布，它们通常从一块坚硬的岩石坠落到另一块更容易被侵蚀的岩石上——就是这么简单且显而易见。然而，还有一系列不同类型的瀑布，以它们坠落或形成的方式命名："丝带"瀑布的高度大于它的宽度，"大酒杯"瀑布开始是一股细流，但在溅落时会进入一个宽大的水池，"扇子"瀑布向四周铺开，"马尾"瀑布依附在岩石上，呈现为一种白色的急流，断裂瀑布会在溅落时分离，分层瀑布及阶梯瀑布都有着不同的分段。

我知道在伊姆村附近，有一条美丽的瀑布叫斯沃雷特瀑布（Waterfall Swallet）。"Swallet"是一个古词，意为地上的一处凹陷或深坑，它非常适合做这条瀑布的名字，因为瀑布上游的水像小溪一样在地表流动，但在一块岩架处突然落入地上一个巨大的空洞内。我们习惯于见到水从高处落在正常的地面上，但这条瀑布却是从正常的地面落至深渊。前些天这里刚下了暴雨，我希望在水砸落到更低的地面时能听到轻微的雷鸣声。

这点之所以有用基于两个原因：这条特别的瀑布周围有着不寻常的地貌，这意味着在靠近它之前你是看不到它的；另外，它的具体位置也是一个秘密。人们一定有过担忧，害怕这处小小的美景会挤满游客，被人踩踏，因为这里的传统是不公开它的确切位置。我当然不是要在这里泄露这个秘密。但我可以做一个提示：在从村子向喧腾的瀑布走去时，我不时地会感到风往脸上吹，在寻找隐秘下陷的瀑布时这一点非常有用。

我沿着小路继续走着，听到急流的声音逐渐变大，之后我小心翼翼地爬到空洞上方危险的边沿处。再靠近些，我从脚下的草皮上感受到了水向下冲去时发出的震颤。在我下方，有一个掏空的黑暗岩穴，其中某些地方生长着绿色的苔藓和蕨类植物。水落下时改变了形状，我会称它为一条分层的阶梯瀑布，略略向外铺开，带有闪着水光

的“马尾”，最后断裂开并注入一只“大酒杯”。你可能已经猜到了，我并不认为瀑布能够严格进行分类。

瀑布下的绿色水潭平铺为一种不平坦的形状。我仔细聆听，寻找着一种声音，心里清楚它肯定会在这里出现，但是担心它太过微弱，无法在此情形下听出。水不只会发出声响，它还会改变在它上方传过的声音。声波（还有无线电波）在水面上要比在路面上传播得更远。部分原因是水上的障碍较少，但还有另外一个原因。水面之上的空气遇水变冷，于是低层的空气温度要低于高层的空气温度。这种现象叫作逆温，它将声波向后向下折弯，从而形成扩音器的效果。

在如此之小的一个水潭上分辨出这些声音效应比较费力，但是在大湖、大河或者大海附近时不妨寻找一下。我有一个朋友住在伦敦泰晤士河宽阔河段的南岸。相对于富勒姆球场，他住的地方离切尔西球场的直线距离要更近一些。但他能听到富勒姆球场上比赛的声音，却听不到切尔西球场上的声音，这在很大程度上是因为盛行风的风向以及富勒姆球场上的人群声在水面上的传播方式。

楚科奇人对于声音在水面上的传播再熟悉不过了，因为如果不了解这点他们便会饿肚子。楚科奇人居住在俄罗斯联邦的最北方，位于北冰洋的边缘。外出捕猎海象这样的动物时，他们会先爬到高处观望，之后行动时会特别小心翼翼，以确保石块之间不发生触碰，金属之间也不能有摩擦。如果发出这些尖锐的声响，即便它们再微弱，都会在海面上的冷空气里完美穿过数英里，从而吓跑动物。

回到陆地上，不妨思考一下这些零散的因素是怎么一起发生作用的。假如在暖和的日子里站在一面清凉的湖边，迎面吹来徐徐清风，身后几百米远处是一条瀑布，可能你根本听不到瀑布的水声，只能听到湖对岸孩子们嬉闹的声音。在冬天，站在同一地点，面向同一方向，此时的湖水要比空气温暖，微风从你背后吹来，那么你很有可能只能听到瀑布的水声。我们的声音地图不仅会因风的改变而变形，也会随着水温和气温的波动而变化。

一种隐秘的好奇心驱使我沿着一条朝东的路向村外走去。远离村子里轻微的喧嚣，我再次侧耳倾听，但没有听到水声。之后我发现一丛雪花莲，这让我有些意外。雪花莲是花园里的常客，在教堂庭院中尤其常见，但它们极少出现在荒郊野外。当你在乍看起来像是野外的地方发现雪花莲，它们往往是从花园中逃逸出来的，因而预示着附近可能有或曾经有人居住。我追随着雪花莲的生长踪迹，最后发现一种奇怪的深色结构，它僵直的线条不太像是自然的产物——这是一栋荒废的建筑。我在建筑旁边停下，再次倾听，现在我能听到水了，尽管

是非常微弱的细流，但肯定是水。我转过头，闭上眼睛。因为通常闭上眼更容易找到声音来源的方向，不然眼睛会将你的注意力分散到其他事物上去。

在我的课上，我教授了以下找到声音方向和风向的方法。闭上眼睛，然后聆听（确定风向时还要感受），缓缓向两边转头，直到你对方向感到确定，接着朝那个方向指去，这时再睁开眼睛。这样做的话，你便可确定自己的眼睛没有促使你用手指向视觉上更容易被发现的事物，比如旁边一棵显眼的树。

不久之后，我俯下身望着一股涓涓细流，它正沿着路边的溪岸向下流去，两岸生长着常青藤、黑莓以及匍枝毛茛。我花了大约十分钟时间研究这条孱弱的小溪，观察、聆听、触摸以及品尝。事实上，我特别渴望它能透露出一个极妙的线索，然而除了在它周围茂密生长的苔藓和毛茛丛，没有别的什么能让我感到兴奋。我停下来，闭上眼睛，再次倾听。轻柔的流水声被树林间的风声，还有之前留下的雨滴从树叶上坠落的声音掩盖住了，但在每次风声止息的时候又重新显现出来。

这一练习让我能够更加精准地感受风力和风向。之后我听到一种声音，它既不像水声，也不像头顶树枝发出的声音，虽然它也会随着微风的风力和风向而变化；我分辨不出那是什么声音。接下来的五分钟里，一种从喉咙发出的愤怒的嘶吼声越来越大，声音的源头现身了——两个骑行者争先恐后地快速驶过，我往侧岸斜身躲避，两人咧嘴一笑，点头致意。即便在少数情况下，聆听并寻找水没能帮助我们找到关于水本身的一些有趣现象，它也总能让我们对周围状况的理解又加深一层。

我继续走着，最后来到赖利墓地待了一段时间。鼠疫传染的风险意味着教堂礼拜只能在伊姆村的露天场地上举行，并禁止人们将身边死去的人埋葬在普通墓园里。他们依据安排将自己所爱之人的躯体埋葬在空旷的土地里，或者他们自家的花园中。1666年8月3日，汉考克一家开始经受他们令人难以置信的磨难。这家人被传染了鼠疫，先是约翰和伊丽莎白这两个孩子死去了。四天后，另外两个孩子——威廉和奥内尔，还有他们的父亲约翰也跟着死去了。再过两天，汉考克夫人的另一个孩子爱丽丝死了，次日仅存的最后一个孩子安妮也死了。汉考克夫人不得不拖着自己的丈夫和六个孩子的尸体来到一片田野里，为他们挖掘坟墓并安置下葬。我站在那堵环绕着他们墓穴的墙边，很快被一种巨大的悲痛压倒，于是便走开了。

随着夕阳的余晖穿射过高高的云层，我走过其中一块“界石”，村

民们把它们放置在这里，用来标示他们活动界限的外缘。这些石头构成一张古老而令人恐惧的地图的一部分，地图本身就安置在这块土地上，并标出一条界线——为了避免传播或感染鼠疫，不管是村民还是村外的人都不得跨过这条界线。我们往往出于各种各样的原因制作地图，没有规定我们只能随身携带一幅。通过将听水得到的罕见地图加入我们的收藏，每一片土地都因而变得更加丰富。

第十二章 解读波浪

很多地方都有记载，太平洋岛屿的航海家在乌云密布的夜晚，通常仅通过感知船身下的海浪，便找到了自己的航线。甚至有传闻称航海家并未十分依赖直觉，而是通过自己的睾丸来感受海洋的运动。

从小到无法察觉的涟漪，到波长为12000英里、要花费12小时传递的大波浪，水波在大小上千差万别。所有的波浪都有一个共同点，那就是它们会将能量从一处传至另一处。理论上，这种能量可以来自任何地方，但是在海洋里它只有三个主要来源：月亮、地震以及海风。月亮引发潮汐，有一章会单独讲到这一点，而地震会制造出能量巨大的波涛和海啸，在后面“罕见与非凡”一章里我们会回过头来讲。因此在这一章，我们会集中讲迄今为止最为常见的、由风引发的浪。风吹过水面，将其部分能量传递给水，这种能量朝着某个方向运动，这个过程以波浪的形式呈现在我们眼前。

波浪将能量从一处传至另一处这个观点非常重要，因为我们很容易认为波浪是水在做水平运动，但事实并非如此。以抖床单为例，可见的波动从赋予它能量的外力处（在本例中即双手）开始，传播至另一处（即床单另一端的鞭打声），从而将很多能量从一端传至另一端。然而，床单自身并没有水平移动，而仅仅是上下运动。当你在海上观望海浪，你的眼睛容易跟随着某一道浪花移动，这给人一种海水在随浪运动的错觉，但如果你盯住海面上的任一漂浮物，比如海藻、一块木头或一只海鸟，便会发现，它们只是在海浪的能量驱使下上下运动，本身仍旧停留在原处，而不是随浪移动。

倘若非常仔细地观察，你或许会注意到，尽管水面上的物体会回到与原来几乎相同的位置，它确乎在做小小的轨道运动。当波浪到达时，它起初将物体吸向自己，接着又将物体举起，然后将其向前推，再降低，这有点像波浪在转动一个把手。如果我们细细追究的话，波峰的运动速度要比波谷稍快，因此物体会朝波浪运动的方向轻微移动一点，但是常常细微得令人难以察觉。

因此，基本原理很简单。风给水带去能量，这种能量以可见的波浪从一处传递至另一处。但它留下很多待解的问题：在无风的日子里缘何有时会出现巨浪？如果波浪中的水只是上下运动，为何我会被其

拍倒？要是我在康沃尔[60]的一处沙滩上向水面吹起一些涟漪，它们会到达纽约吗？想要回答这些以及其他更多问题，我们需要更加深入了解波浪，了解其生命的四个阶段：它们的诞生期、在广阔海洋里的生命期、浅水处的生命期以及最后的消亡期。

如果我们把波浪比作生物，便很容易了解其解剖结构。波浪有着特定的可识别部位以及特征。波峰是最高的部分，波谷是最低的部分，而波浪的高度则为从波峰到波谷的距离。波长被定义为两个相邻波峰间的距离，而波浪的周期则为波从一个波峰传播至其相邻波峰所需的时间，需要在传播路径中的某一个定点进行测量。

一旦我们开始使用波长、周期等术语，便有美感流失的风险，或者如海洋科学家威拉德·巴斯科姆所言，海洋学有落入那些从未见过海洋之人手里的危险。但还是尝试友善对待这些术语吧，因为它们只是能帮你快速解读波浪的名目。对大多数人来说，波浪的周期可能是最为陌生的，却在识别不同类型的波浪时最能派上用场。向你的茶杯里吹一口气，尝试计算出那些涟漪的周期。你会感到为难，因为它们的周期太短了，但为了解释这一点还是值得一试。

像茶杯里这些细小涟漪的波长是很短的，这表示每一秒钟都有很多涟漪撞向杯壁，这必然意味着它们的周期很短，远比一秒钟要短。若在浴缸里制造出一道波浪，在它从浴缸的一端传至另一端又返回来的过程中，你很有可能粗略估量出它的周期，或许为一两秒。倘若站在沙滩上感知海浪冲刷双腿，在第一道浪花到达时开始数数，等第二道浪花到达时停下。数完六头大象，那你感受到的海浪周期即为六秒。[61]

在一片水面处观望，找到一个适宜的地点来观察波浪经过某个定点，比如水里的一只浮标。在此环境下，可能有多种不同因素会引发波浪——平稳的微风、突如其来的阵风、千里之外的风暴、港口停泊的船只以及其他种种因素。试着留意每一组波浪在外形上是如何不同于另外一组，且彼此都有自己的波长和周期。或许你还会发现波长愈长，则波速愈快。

接下来要注意的是，当一道波浪传播了较长的距离后，它的高度是如何走低，并转为更加平滑且温和的水波。在池塘里很容易证明这种效应。池塘中心在受到干扰后，涟漪从中心向四周扩散。你会发现它们在到达岸边时的高度要比在中心时小。在石子刚刚被投入水中后，水波的圆周长很小，比如说有5米，但几秒钟之后，在水波到达池边时，同一道水波的圆周长可能会达到50米；相同的能量沿环形水波扩散，而现在水波的圆周长达到原来的10倍。能量的扩散导致了水

波高度的降低。

诞 生

如果一阵微风吹向一块平静的水面，水面就会变皱。倘若微风平息，涟漪则会快速消逝，水面又重回平静。然而，如果我们站在沙滩上眺望海面，观察海浪随微风卷起，随后微风平息，而海浪却不停息，海面并不会像水中涟漪一样快速恢复平静。甚至在一个小时之后，我们所见到的海浪的大小及特点似乎仍然没有明显的变化。此两种情况之间的差异对于我们解读波浪非常关键。

最好将水波划分为三种类型：涟漪、风浪以及涌浪[62]。在适宜的情况下，涟漪会演化为风浪，而后者可能会进一步成为涌浪。然而涟漪中的大多数远在它们到达第二或者第三阶段前便会消亡。这有些像种子、幼苗和参天大树之间的关系，萌发的种子有很多，随着时间的推移长成大树的却是少数。

在时不时有微风拂过的一天观察任何大体平静的水面，你会清晰地看出大部分涟漪的生存时间是多么短暂。随着一阵风急速吹向水面，水面形成一片褶皱，但几秒过后涟漪就消失了，水面重回平静。这是一个非常常见的效应，它有自己的别称——“猫爪”（cat's paws），因为它看起来就像是风在抓弄水面。

在第二章里我们了解到水是如何由分子间的作用力吸附在一起，而这又是如何生成了表面张力，力量强到足够支撑起水面上的昆虫。这种表面张力将涟漪向下拉回，在它们生成之后迅速将其抚平。不论我们何时见到这些水面上的涟漪，我们实际上观察到的是一场表面张力与微风之间的拉锯战；张力无时无刻不在作用，这意味着一旦微风止息，张力便会立即完全抚平涟漪，让水面重回平滑。这就是为什么涟漪可以证明此刻所发生的作用过程；“猫爪”在甚至一分钟之前都不会泄露任何状况，而仅在那一秒显现。这些涟漪同样被称为“毛细波”（capillary waves）。

“猫爪”对于帮助航行中的小艇理解风的局部骤然变化至关重要，通常没有其他途径可以帮助了解。若你驾驶这些小船，或者仔细聆听水面另一头的小船驾驶员，你会听到诸如“起风了！”这样的呼叫，这是船员在告诉舵手他们发现了“猫爪”，而且这阵风要刮到船上来了。在帆船比赛中，这可能会是一次充分利用突发以及附助力量的机会，但对所有的小船来说，这些“猫爪”只是一个征兆，提醒船只预防可能摇晃或者打翻小船的“不速之风”。

在海岸，有一种水里形成的有趣形态能证明你看到的是涟漪，而不是风浪。在轻柔而平稳的微风吹拂下，任何宽阔的水面都会覆有细细的涟漪。但因为这些涟漪仅仅受到表面张力的作用，任何抵消这种张力的外力都能消除这些涟漪，从而让水面再次恢复至镜面般的平滑。

大部分沿海水域（还有大型湖泊）都有一些区域的水面上覆有一层很薄的油膜。有时这是污染的结果——船只发动机只需漏出一小滴油，便能覆盖相当可观的一片海面——但通常它们也是动物和藻类分泌有机油的自然结果。（事实上，有证据表明在平复涟漪时，有机油的作用要比工业油显著得多。）这些油膜非常薄，有时只有一个或两个分子那么薄，并不构成显著事件。然而，它们在消除涟漪时有着惊人的效果，这就是为什么在微风轻拂的日子里，平滑如镜的水面上只是零散分布着一些涟漪。

任何在褶皱水面上扩散的油膜都能很快成为一片片较为明亮的区域而清晰可见。覆有油膜的水面在颜色上要比周围的水面更加明亮，这是因为涟漪被油抚平了，从而意味着有更多的天空倒映在水中。

微风常常将油膜以及因油膜而平滑的区域，吹拢为长长的“浮油纹”（slick lines），延伸至很远的地方。但这种效应仅在涟漪间发生，因为一旦风力变得强劲，涟漪转变为风浪，油膜抵消表面张力的作用将不再能够完全抚平水面，平滑的水面就会因此消失。

由于只需微风暂止便可让涟漪平息，较大风浪的出现就令人奇怪了。想让涟漪成为风浪，我们需要一阵持续的风，最好是能在一段时间内不断地朝某个固定方向吹拂，通常持续一小时或者更久。平静水面并不会对风产生阻力或者摩擦，它太平滑了。然而如果出现涟漪，水面就粗糙得多，这让它非常容易与风发生作用。因此，一旦在某个起风的日子里涟漪形成，一种自我加强的循环过程就建立了，因为现在风太容易对水面施力了。

如果一阵平稳的风长时间地吹拂涟漪，就会使得涟漪有一些小小的变形。它们从风力处获得了足够的能量，因而强大到可以挣脱表面张力的束缚。不要忘了，水的表面张力在微观尺度上是非常强大的，它能让一些微小的金属片漂浮起来——但从宏观尺度来说它并不强大，所以我们才无法在水上行走。因此，一旦波浪拥有了足够的能量，它们将不再像涟漪那样能被轻易地抚平。它们迈入了青年期，并且获得了一个新的名字——重力波（gravity waves），因为主宰它们衰落命运的不再是表面张力，而是重力。重要的是现在波浪不再因表面张力而平息，在消失前它们的能量会得到更远且更久的传播。倘若

微风止息，涟漪只能持续数秒，而风浪却可以在无风时持续几个小时。

浮油纹

假若风力足够强劲，且吹拂时间足够长久，那么风浪就能从风那里获得充足的、更高水平的能量而进入下一个成熟期，这个阶段被称为“涌浪”（swell）。最好把涌浪看作是获得足够的能量而远离自己诞生地的风浪。风一旦停息，涟漪想要到达远处的池边就十分艰难，风浪在无风可以借力的情况下也仅能传播几英里，但涌浪可以横跨大洋，轻松行进数千英里。在发源地附近，涌浪要高得多，但随着长时间的传播，它的形状会发生轻微的改变，变得略平且更加柔和。

涌浪和风浪在变化特征及外形上均有不同，但其差异却没有一个科学的分界点。这时我们需要回过头来讲波浪的周期，因为波浪的三种类型——涟漪、风浪和涌浪间最简单的差异就是相邻波峰经过某一定点的时间差。周期不大于一秒的是涟漪，接近或超过十秒的是涌浪，处于两者之间的则是风浪。

涌浪是一种长期的趋势，一次可以持续数日，而其他类型的波浪则可以在涌浪的顶部形成，无论何种方式都无法削减它。在风浪以及涌浪顶部出现涟漪并不罕见，理论上讲甚至有可能同时出现以下情况——涌浪沿某一路径在大洋上行进，风浪从相反方向传递过来，而涟漪又从另一方向突然出现。这种情况无法持久，但它可以并且确乎会零星出现。

一旦你的眼睛习于发现涟漪和风浪，潜于其下的涌浪就很容易识别出来，因为你能够将其他两者过滤掉。对于这种分层趋势的鉴别同样重要，因为一种涌浪类型处于另外一种甚至多种之上的情况再常见不过。风浪间彼此叠加的情况并不会长时间持续，因为它们会彼此干预，且驱使它们的风力会很快消除较早形成的类型。但是涌浪不一样，它可以穿过和潜入其他所有类型的波浪（也包括其他涌浪），而丝毫不受影响，甚至在背负风暴引起的巨浪时也能兀自前行。

太平洋岛屿上居民的专业知识便在这里体现出来。识别涟漪、风浪和涌浪间的差异只是入门，这对于经验丰富的航海家来说并不困难，对他们来说，重要的是除了要识别出所遇到的是涌浪，还要鉴别出是何种涌浪。这一点他们会通过评估其形状、周期和频率得出。结合这些要素，每一道涌浪都形成了自己特点鲜明的波形。相比观望海面，这些要素有时通过感知涌浪的运动会更容易得出。要从海浪的运动中过滤掉所有涟漪及大多数较小的风浪，这是一个行之有效的办法。将其类比于在嘈杂的房间里聆听特定的声音或许有助于理解。我常常观察家有幼儿的父母们是如何能够一边在房间里正常交谈，一边忍受孩子的尖叫声、玩具的碰撞声、吵闹的音乐声，还有手机的来电声。之所以能够这样，只是因为他们有选择地进行了调节，将自己的听力只关注于当下各种声波中最有意义的那一种。许多航海家可能还在艰难地想要从海面的混沌无序中看出规律，而密克罗尼西亚和波利尼西亚的航海家们已经成功采用上述方法分辨出涌浪的各种类型，把那些意义明显的频率识别了出来。

涟漪的寿命很短，它的特征也相对简单，但是波浪会根据三大影响因素而演变：风力的大小、吹拂时间的长短以及“风浪区”（fetch），即风吹过的开阔水面距离。每一个因素都需超过一个特定的最小值，波浪才可形成，任何一个因素的增强都会造成波浪变大。

在这里需要注意的是，一阵风从不会引发大小完全统一的波浪，它制造的波浪都有着相似的特点，但其中却充斥着多变性。这就是为什么我们报道的浪高按惯例是指排在所有波浪中前1/3的浪高的平均值，而不是取最大的浪高值。通常我们以为每七道波浪中就会出现一道要比其余大的波浪，但事实上一组中所有的波浪大小彼此可能都差不多。然而也有例外，也就是会有特立独行的波浪。一道波浪比紧随其后的波浪大一点或小一点的情形很有可能出现，但若它的高度是大部分你所见波浪的足足2倍，这样的概率却很小，据海洋科学家测算差不多是1/2000。在“罕见与非凡”一章里我们会回过来讲这种真正的异端——超级巨浪（rogue waves）。

在大风天里，我们都本能地以为海面会波涛汹涌，因为风速是影响波高的最常见因素。然而现在，海军少将弗朗西斯·蒲福登峰造极的研究让我们对这两者之间的关系有了进一步的了解。

关于水手和海面状况，有两点非常重要，爱尔兰海军军官蒲福在19世纪初对此一定详加评估过。第一，海上人员会有主观和夸大的倾向，从渔民口中“跑掉的那条鱼”到水手口中“像山一样的巨浪”，曾有过并仍将会有各种数不清的夸大之词被到处吹嘘。第二点同样重要，蒲福意识到，完美的精确度并不是这个问题的答案；水手们讨厌精确度，正如他们讨厌官僚作风。

蒲福风级表

蒲福风力等级	平均风速/节	风　名	约略波高/米	海面情形
0	0	无风	0	海面如镜
1	2	软风	0.1	海面有波纹
2	5	轻风	0.2	小浪
3	9	微风	0.6	轻浪
4	13	和风	1.0	轻浪到中浪
5	19	清风	2.0	中浪
6	24	强风	3.0	大浪
7	30	疾风	4.0	大浪到巨浪
8	37	大风	5.5	巨浪到猛浪
9	44	烈风	7.0	猛浪
10	52	狂风	9.0	狂涛
11	60	暴风	11.5	狂涛
12	64+	飓风	14+	非凡现象

这份以蒲福命名的风级表（虽然他的前人及后人对此均有贡献）的一个绝妙之处在于，它非常契合水手们的思维模式——它领会到，水手并不像科学家那样评估事物，而是感知并感受事物，这更像诗人。在海面上感受到的时间有一些玄学在里面。我认识的一位职业水手总是说，“并不存在能够横跨大西洋的无神论水手”。我想这有助于解释蒲福风级表为何能够胜出——它成功地将科学与感知力融合在了一起。

蒲福风级表之所以如此有用，是因为水的动态与风之间有着形影不离的关系。风级表使得海员可以通过观望海面将其情形划分到最合适的等级，以此来报告风力状况。多年以来，风级表的使用有所演变，事实上已颠倒过来——现在它更多地被用来根据天气预报预测海面情形，而不是根据海面观察来报告风力。如今，海员们可以依据以蒲福风级数表示的预报风力来预测即将出现的海况。

蒲福风级表仅适用于开阔海面的情况，这一点由于风浪区的存在而至关重要，因为风浪区是影响波浪演化周期的其他两个主要因素之一。海员新手与老手之间最大的差别就在于，在生涯初期，新手很容易太过依赖解读风力预报来预测海面状况。假若气象局预报风力为5级，新手可能会这么想：之前我曾经历过6级大风，情况也没那么糟糕，5级不算什么。而富有智慧的海员会思考：这5级风是从哪里刮过来的？这是因为风吹过的海面愈宽阔，其引发的海浪就愈巨大。在绵延不断的大西洋上横扫几百英里的5级风所造成的海面，和与其距离只有区区几百米的离岸风所造成的海面状况差之千里。在收听海上天气预报时，若听到法罗群岛[63]这种地方的7级风与多佛尔[64]的9级风，前者更加让我不寒而栗。这不是因为法罗群岛的风远在更北方，而是因为它所刮过的是开阔且不设防的海面。

在望向一片湖水，而风又是从你身后吹来时，你便可以在较小的范围内目睹此种效应的发生。单单留意离你脚边最近的湖水看起来多么平静，而远处的水面却生成了涟漪，且逐渐增大。若风力足够强劲且湖面足够宽阔，远处则会生成波浪。相反地，假若风是迎面吹来，便会有波浪拍打你附近的湖岸，而远处的湖面则相对平静。这是“风浪区”效应的一个基本图景。

还有一个事实，那就是风吹拂的时间越久，波浪所获得的能量就越多，因而也变得越大。只要有充足的时间，开阔海面上波浪的速度能够达到平稳风速的3/4。风的这三个因素——风力大小、风浪区和吹拂时间合在一起，能够决定你在开阔水面上的诸多感受。它们同样可以帮助解释，为何我们会看到一些特定可靠的、每天都会出现的波浪类型，比如在夜间出现的较小波浪——有这么一个说法，“太阳落山后，海洋也落了下来”，这源于太阳是风的驱动者这一事实。太阳的能量使某些区域的空气比另外一些区域的空气温度上升得更高，特别是在大陆上，这导致了气压差和温差，而这些是风的主要起因。

风暴引发的涌浪会很快赶超风暴自身，所以你该预料到巨大的涌浪会赶在恶劣的低气压天气及其所引起的风暴前面到达。风暴会引起形态各异的波浪，这些波浪形成之后会先于风暴扩散开来。拥有较长周期和较大波长的波浪传播得最快，并率先到达，跟随其后的是周期

和波长依次降级的其他波浪。这意味着你可以通过测量波浪的周期来估量风暴的逼近程度，因为随着波峰之间的时间差愈来愈小，风暴就愈来愈接近我们。相反地，倘若你看到乌压压的天空从地平线处逐步逼近，但海面却相对平静，很有可能那只是一次局部恶劣天气，比如一场很快就会过去的狂飑。

在尚未实现卫星辅助天气预测的漫长岁月里，海面动态通常是危险的最佳预警系统。居住在岛屿上的人们自古以来就知道清朗天气里的巨大海浪不是一个好兆头——它通常预示着涌浪已赶超引发它们的风暴，而风暴就在不远之后。1900年9月8日，得克萨斯州加尔维斯顿市[65]的海滩上袭来了超凡涌浪，当地人对此议论纷纷。第二天他们就遭遇了美国历史上最为严重的一次飓风，有超过6000人不幸遇难。

冲浪者们喜欢反向利用此逻辑。在电子化时代里，有关大西洋风暴的信息得到快速传播，冲浪者们会远在天空阴沉之前，赶去西海岸享受风暴前的涌浪带来的乐趣。

由于海面时常的汹涌不定，我们很难想象在水面的此种激烈之下竟是一片平静。潜水艇只需潜入飓风之下150米，便能到达平静的海水区。

当海水遇到陆地

当波浪触碰到海岸线，通常会发生三件事——反射、折射和绕射。我们已在“如何在池塘中看见太平洋”一章里略微了解过这些效应，但现在该对它们做一些深入了解，这意味着在差不多所有陆海交界处你都能够将它们识别出来。

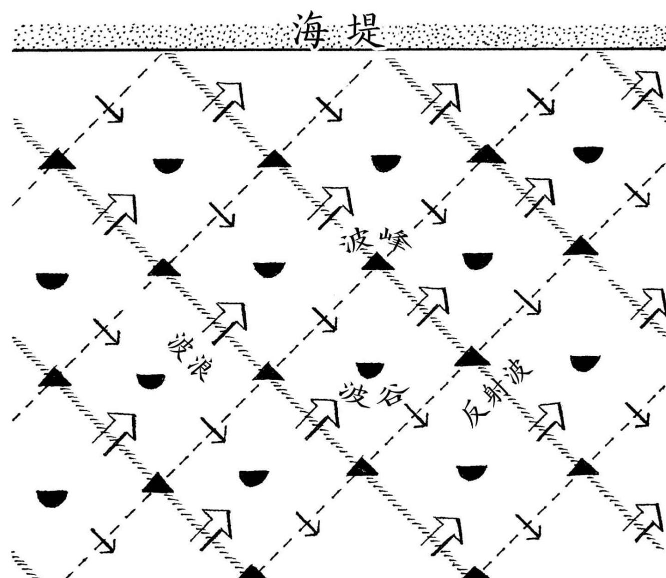
反射波

让我们先从最简单也是大部分人都很熟悉的一种开始。当波浪遇到任何接近垂直的障碍物时，这些波浪就会被反射回去。它们撞上的面越陡峭，水越深，它们就越能得到完全的反射。等下次看到波浪被风吹至垂直的峭壁上时，注意观察波浪是如何被反射的，这能够帮助我们估量水下的状况。如果水下有平缓的暗礁，波浪便会在壁前的某一处破碎开来，并在撞上峭壁前因能量几乎全部耗尽而无法得到反射。但如果到完全垂直的峭壁一路都是深水，那么波浪被反射回来时，几乎不会损失什么能量。

在某些地方，我们能看到波浪在撞上矗立于深水中的垂直面后，会完全地反弹回来。此种情况的最佳研究对象之一便是海堤。当海浪撞上海堤，它们的能量绝少丧失，被反弹回来时与撞上海堤之前几乎一样。这会在水里生成一些有趣的形态，值得我们探寻。

如果波浪直直地撞上海堤，被反射回来的波浪会以与来时相反的方向向后行进。然而波浪仍在源源不断地涌来，这意味着现在撞向海堤的波浪会与被反射回来的波浪相遇。随着两股波浪穿过彼此，波峰、波谷彼此相遇，最后形成超级波峰和超级波谷，这使得波浪在顷刻之间看起来会有2倍的高度和深度。在特定的情况下，这会在水里形成一种怪异而绝妙的形态，即“clapotis”，它来源于法语，意为“搭叠”，这时来去的波谷与波峰就会形成驻波。这种情况发生时，看起来好像没有任何波浪到达或离开，波浪看上去只是在同一位置不断上下运动，而不是向别处传播。驻波发生时，会有一些水纹处的水以特定节奏上下剧烈运动，而在这些水纹之间会有另外一些水纹（被称为节点），那里的水看起来几乎完全静止不动。

海浪能够完全直撞向海堤的情况是很少见的。更常见的是它们会斜斜地拍打在堤面上，接着以反射的角度被反弹回来，就像光线以某一角度射向镜面时所发生的那样。这会在水里造成一种奇怪而迷人的形态，更像是一种交叉效应，这就是为何这种更加常见的现象被称为“驻波轧花”（clapotis gaufre）或者“华夫饼纹驻波”。



驻波轧花

在第一次观察时，假若没有看到漂亮的驻波，或者它更受欢迎的近亲驻波轧花，可不要失望。在开始搜寻它们后的几个月时间里，我没有见过一次值得为之兴奋的驻波。记住这几点：波浪撞上的障碍物愈陡峭，此处的水愈深，波浪便越能得到准确的反射；当反射波遇到涌来的波浪时会形成有趣且各自不同的形态，它们当中只有少数会令人着迷，但统统值得至少片刻的驻足观赏。

反射波的效应说明了为何水在异常陡峭的岸边会出现一些难以预料的形态。如果仅仅在有着陡峭海岸的浅水处，或许你会经历那种新奇的感受，但是水似乎在你四周杂乱无章地运动，波峰上下跳跃，水沫朝你脸上飞溅，尽管海面远处并无任何波动。反射现象随处可见，若你搭乘飞机时常常望向窗外，你甚至会看到类似涟漪的东西从暗礁处传出。

因而，被反射的波浪越少，这些波浪中就有越多的能量会被其撞到的障碍物消除。这就是为什么防波堤必须建在深水区。在浅水中，它们无法承受风暴引起的破碎波的强大力量。在深水中，这些巨浪并不会破碎，而是安然无恙地从堤面反弹回来。要是你能挑出那些会发生碰撞的地方，这对消除大海的威力将大有益处。

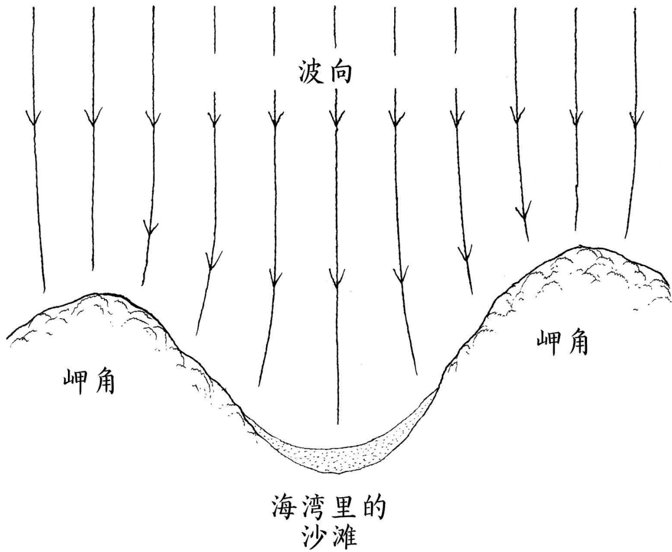
折射波

若某样事物穿过某一区域到达另一区域时改变了速度，它的方向也会明显地改变。波浪朝岸边涌去会到达浅水区，此时它们的传播速度会有所减慢。我们很容易认为是陆地的摩擦力减慢了波浪，但事实并非如此。实际上，浅水作用于波浪后减缓了波浪的行进。一旦水深只有波长的一半，它就能有效地限制波浪的运动，这才是波浪减速的原因。

如我们先前所了解到的那样，波浪的波长和波速都被降低了——它们的确被减缓了，但同时也变得拥挤起来，因此周期并未改变。这就是说，倘若你脚踏冲浪板站在较远的海里等候一组合适的波浪，你会看到波浪在你脚下快速穿过，每一道波浪之间都有着较长的距离。在海岸附近的浅水处划船的人会见到同一批波浪涌来，但它们的波速降低了，相邻波浪间的距离也缩短了。然而，如果你们两人都记下每分钟穿过的波浪数，得出的答案会是相同的。

因此，浅海意味着波浪会减缓，而减缓的波浪意味着波向会改变，事情到这里开始变得有意思了。海床的形状往往与海岸线的形状相似，也就是说陆地凸显处的海水会首先变得更浅，而海湾处的水拥

有相对更长的深水区。这使得波浪减慢速度，并转向岬角附近的海岸，但它们在海湾中心附近会变得更加整齐，之后便向海湾边缘分散开去。这意味着在海岸线的任一处，你都能看到海浪在朝你的方向弯曲。这也解释了为什么在两处岬角之间常常会形成新月形的海滩——通常，海浪一进入海湾区就会分散开，这使得沙子也大大地铺展开来。



折射现象使得波浪在岸边朝陆地方向弯曲

有一些物理定律和公式可以描述这种效应，比如极其复杂的斯涅耳定律[66]。但我们并不需要定律来解释这种现象，它只是一个非常简单的事实：水在海岸处变浅，这使得波浪改变形状以平行于海岸。（试着想象陆地对波浪有一种磁引力，这可能会帮助你记住这种效应，即便你深知波浪并不受陆地的吸引，而是在浅水处放慢速度时改变了方向。）

早在物理学家为此种效应贴上标签之前，古希腊人就已经不出所料地完成了这件事。在荷马、罗得岛的阿波罗尼奥斯以及其他很多人的作品中，波浪撞击岬角的方式多有提及。这并不奇怪，在我们开始为定律命名的很久之前，大自然就早早地在忙于制造这些效应。

这也是港口能够为船只提供平静和停歇之地的一个原因。开阔洋面上的波浪会弯向海湾两侧的岬角，任何到达湾内的波浪都会扩散开去，两种效应共同缓冲了深入港口的波浪的威力。或者，用荷马的说法是：

在海岸的那处，有一座天堂般的港湾，以海洋长者

福耳库斯的名字命名——两道峭壁突兀相对，

在朝海的一面断裂，却向海湾倾斜而出，

抵挡受外部罡风驱使的惊涛骇浪

港湾内部，船只无须系锚，即可停泊

只要它们身处系泊范围之内。

1930年4月，加利福尼亚长滩[67]的一座防波堤被海浪摧毁。当然，这不是海浪第一次毁掉类似的构造物了，也不会是最后一次。但是这次来自海洋的特殊袭击让海洋学家们难以置信，并大为恼火。海洋研究者们遇到的问题是，从科学角度来讲，那天的海面不足以动荡到可以造成此种规模的伤害。所有建模、预测以及天气数据都显示海浪的势头并不强大，近海赌船的观测结果也是一样。这些停泊于防波堤之外的船只都称自己所处的水域异常平静，甚至在巨大的石块从它们身后的防波堤上被击垮腾空时也是如此。

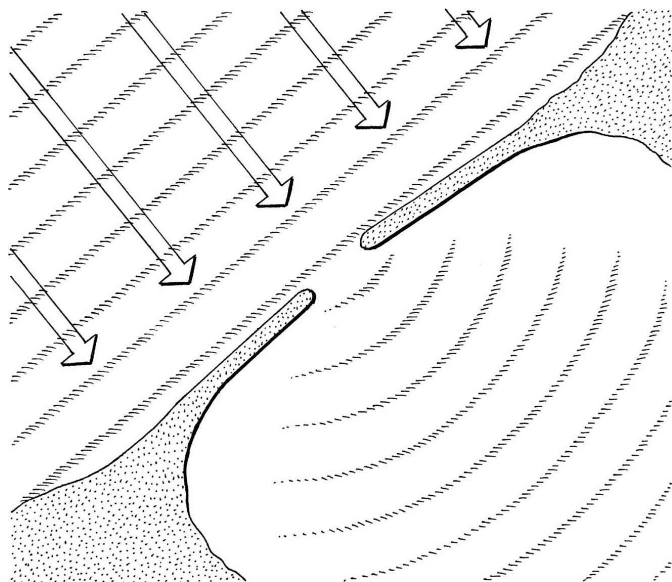
这令科学家们感到费解，在抓耳挠腮了十七年之后，他们中的一位（显然为此感到抓狂）受尽折磨，终于揭开了谜底。1947年，M. P. 奥布赖恩在海床上发现了一处隆起，这块隆起物在那天减慢了一些海浪，并使它们向前弯曲。隆起物上方的浅水使得海浪以一种特殊且不幸的方式被折射，并使海浪在隆起物两侧向防波堤特定的某一点弯曲。水下的隆起物意外地充当了一次透镜，将海浪的能量精准地聚焦于防波堤的那一处，造成了数吨的石块急速爆裂。

绕射波

波浪在进入浅水区后会减速并被折射，但在遇到狭窄的缝隙时情况会有所不同。当一道波浪穿过一个狭窄的缝隙——任何与那道波浪的波长相当的缝隙——波浪就会被绕射，这意味着它会扩散开去。这就是为什么所有的海浪在穿过障碍物的某一处狭窄缝隙时都会分散开来。既然能量保持不变，而波浪覆盖的区域却更广了，因此波高会在整体上有所降低。

狭窄的缝隙最能说明波的绕射现象，但事实上，任何波经过障碍物时都会发生绕射。假如你站在树后，尽管看不到另一边的人，但你仍然可以听到他讲话。这件事细想起来会有些怪异——声音并不是穿

过树干到达的，所以它是怎么进入你耳中的呢？答案是声波发生了绕射，在树干周围弯曲，并最终到达你的耳朵。光波与树比起来太微不足道了，所以不会有明显的绕射，因此我们才无法看到树后的东西。但是光在经过非常狭窄的缝隙时还会发生衍射，这就是为什么我们在观察DVD的银色涂层时会看到丰富的色彩。

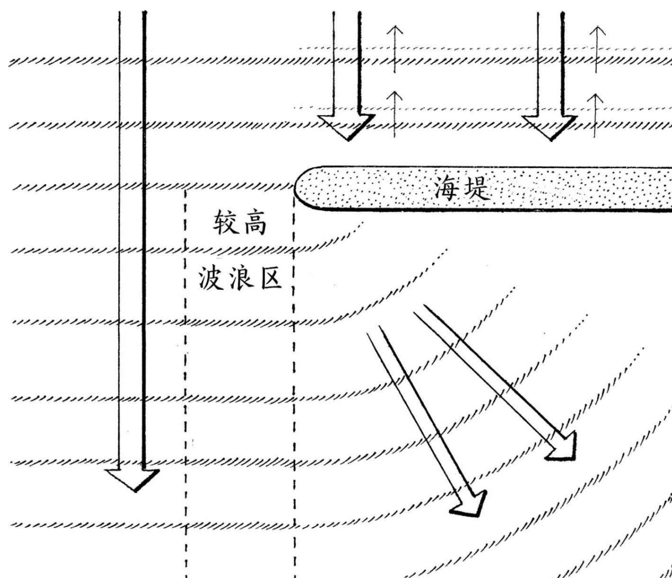


穿过狭窄缝隙时波的绕射

当波浪经过海堤的末端时，注意观察它们是如何不以直线传播，而是分散开来并铺满海堤内侧的区域，如下图所示。

又一次地，波浪在更开阔的区域里扩散，这意味着它们的能量被削弱，波高因而在扩散时降低。然而，假如你目光锐利，你也许会注意到有一方狭窄的区域（在下图中以虚线标出），它恰好与海堤或其他障碍物末端平行，在那里波浪事实上比其他任何地方都要高，甚至高于经过海堤前的波浪。这是防波堤建造者们的又一考量因素，如果忽视，它们会意外地制造出更加动荡的水域。

如我们在前文了解到的那样，海浪会在岛屿周围折射，但它们同样会在岛屿周围绕射。合在一起也就是说，岛屿并不会如很多人所想的那样为我们避开海浪提供庇护。我和妻子苏菲那时有一个传统（时态的一种表达方式，随后你便会明白）：我们会在每年12月时为庆祝结婚纪念日而驾船去怀特岛[68]，外出用餐后在船上过夜，然后第二天早上驾船回到奇切斯特[69]。



经过海堤时波浪的绕射

几年前的一个周日，我了解到海上出现了强劲的7级南风，这意味着当我们在仅沿着怀特岛北部向东回奇切斯特时不会有什么事。然而，由于以上所有原因，我意识到，想要抵抗这阵南风及其所引发的巨浪，并最终成功驶过岛屿，怀特岛的庇护还远远不够。折射及绕射使得这些巨浪在我们经过怀特岛东端前的一段时间里就会到达。我把这解释给苏菲听，确认她很乐于感受我所承诺的“有趣”的几小时。

然而知悉即将发生的情形并不会驱走那些海浪，这些知识仅能帮我们较好地预测状况。事实上，在小船开始以我预料的方式（苏菲并不这么认为）四处颠簸时，那些预测并不足以安慰到我的妻子。她再也没有踏上那艘船半步，几个月后我便卖了她——我是说船。

破碎波

我们已经了解过波浪在深水和浅水里的状态，但大部分人更常在极浅的水里见到它们。当波浪传播到水深小于波长一半的水里时，波浪的形状和状态会发生轻微改变。水面下波浪的轨道运动被海床削弱，这使得波浪降速、堆积，波面也变得陡峭起来。波峰与波谷之间的差异更加明显，波峰变得更加陡峭和狭窄，而波谷变得更加平坦和宽阔。

由于远在波浪破碎或者海床清晰可见之前，海洋的浅水区便可通过观察海浪的动态被觉察到——数世纪以来，水手们都将这点作为预警信号。海浪动态的变化也可被感知和聆听到，因为对船只而言，这些波浪比开阔海面上的波浪更难航行，在船速减慢时，敏感的水手也许能觉察到水体呈现的一种美妙的状态，或者在水面改变时注意到船只的节奏和声音。如果是正在靠近海岸线，这是可以料想到的事，并没有什么奇怪，但在散布着暗礁、环礁、失事船只残骸或者岩石的海域，任何海浪的异常改变都能令一个机警的水手警惕起来。

15世纪的阿拉伯航海家伊本·马吉德编纂了一部非凡的作品，其标题为*The Fawa'id*，却有一个更加笨拙烦琐的全称：*Kitab al-Fawa'id fi usul ‘ilm al-bahr wa'l-qawa’d*，翻译过来就是《航海术基本原理和原则指导手册》。这是一本厚厚的大部头书，也是我很引以为傲的一本藏书。其中，伊本·马吉德在很多地方都提到了以上那些效应，但我最喜欢的地方还是他对一片起伏不定的水域的描写，他认为这是水域变浅的一个征兆。多年之后他再次回到那个地方，发现那里已经变成一座岛屿，上面的树木郁郁葱葱。

随着波浪涌向岸边，水更浅了，而波浪会降低速度，并且更加陡峭。在这一阶段，水中的能量很快集中在较小的水域，这使得波高急剧上涨并被抬高。同时，波浪的最底端比最顶端减速得更加显著，这意味着波峰逐渐赶上了波谷，波浪开始“破碎”。

破碎波（breaking wave）是波浪将其储存的风能急剧释放的结果，由于风能来源于太阳，因此破碎波究其根源是太阳能的释放。太阳使得千里之外的大气层升温，风由此形成，海洋获取风能生成波浪，波浪又将此能量传输至遥远的大陆，然后在能量被释放至砾滩时发出轰鸣和呼啸——想到这些真让人感到新奇又有趣。

波浪之所以会破碎是因为它们不再稳定，当水深减至波高的1.3倍时，这种情况一定会发生。但并不是所有的破碎波都有着相似的表现，波浪破碎的方式由波高以及在关键的破碎点处海床的性质决定。

关于破碎波的类型有三种还是四种一直争论不休，这听起来像是废话，因为你可以理直气壮地说波浪有多少种类型，破碎波就有多少种类型。但我发现把它们分成三大类更为有益，也就是崩碎波（spilling breakers）、卷碎波（plunging breakers）以及激碎波（surgingbreakers）。通常来说，破碎点的海床越浅，破碎的方式就越温和。如果海床倾斜处极浅，那么波浪不会以骤然激烈的方式破碎，而是从顶端直接落下，使得“崩碎”的白色水沫向下以及向前倾泻。正是这种波浪将和按摩浴缸内一样的泡沫抛至海滩上，并没有构

成击打的威力，在里面游泳几乎让人觉得痒痒。

假若海滩稍稍陡峭，我们便会见到卷碎波。如果你曾见过波浪的照片或是画作，并被其经典的画面或者某种方式的美感深深打动，那么几乎可以肯定图中的波浪是卷碎波。这种波浪有着最为独特的波峰，有时可以充当海水的“窗户”——透过波浪的表面可以看到其下的海水。只有这种波浪能够形成一种独特的破碎形状，最极端的例子是冲浪者们梦寐以求的“卷浪”（barrels）。

带着飞沫的卷碎波

第三种类型被称为激碎波，它们通常在异常险峻的海滩处形成。想象一道初生的卷碎波正在生成，它的波峰被抬高，但因为海滩急剧陡峭，波峰并没有机会完全赶超波谷，因而波峰和波谷被一道冲上海滩。我倾向于认为这些波浪是被泼溅在岸上的，因为它们并不像前两种那样会完全地破碎开来。由于不会完全破碎，而且撞上的是陡峭的海岸线，这些波浪在被反射回来时仍携有巨大的能量，源源不断涌来的险浪与能量巨大的反射波结合在一起，使得这些海岸非常危险，不适宜游泳以及停泊。幸运的是，它们相对比较少见，而在目的地海滩上尤其少见。

通常，海上的状况是，风最终决定了破碎波的动向。在特定的风速下，波峰会被削去，白色的水花会随风飞溅，这种效应被称为“溅沫”（spindrift）。有趣的是，这种现象只有在8级风时才会出现，高于或低于8级都不行。因此，它能够用来识别8级风。（在陆地上同样也有办法：8级风会折断树上的嫩枝，而不是枝丫。）向岸风会使波浪更早破碎，并在更深的水里破碎，崩碎波也更有可能会出现。与之

相反，离岸风使得波浪破碎得较晚，并且在近岸的浅水里破碎，出现卷碎波的可能性更大些。

如果你想站在海滩上测量破碎波的高度，即使你的观察点很远，仍然有一个简便的方法可以得出可靠的结果。只需在海滩处上下或者前后调整自己的位置，直到破碎波的顶端与你的视线平行，那么破碎波的高度即为你的身高加上或者减去你与主要退浪间的高度差。换句话说，假如你的脚还未沾水，那么破碎波的高度一定大于你的身高，而假如你不得不踏进水里才能使破碎波顶端与视线平行，那它们肯定低于你的身高。

波浪以组群的形式到达，这被称为波浪的序列，所以我们常常在见到一组波浪到达后，后面还会跟着一阵相对平静的波浪，再后面又是另一序列的波浪。由于不同组群之间会相互作用，再加上反射波、风及海流的作用，结果就是海岸线处的水面会形成振荡。

或许你曾注意过，当你筑好一座外墙坚固的沙堡，然后等待上涨的潮水淹没你精心筑造的堡垒，大海并不会以一种可预料的方式将沙堡推倒。海浪可能先是拍打一两分钟，接着退去一阵子，一些势头强劲的冲流朝沙堡袭来，在沙堡被彻底淹没前，海水又会退去一段时间。这种水位波动的现象被称为“破浪拍击”（surf beat），它是所有波浪的力量相互作用并造成振荡的结果。这种现象很容易被观察到，但准确预测下一秒会发生什么却很难实现。

你是否曾注意过，海滩浅水上的漂浮物在波浪破碎后会被其推上沙滩？这当然很常见，但如果细细思索就会发现这种现象不合常理，因为理论上波浪并不会将水向前推进。这是为什么？苏格兰造船工程师约翰·斯科特·罗素在发现一种新型的波浪后解开了这个谜。

以上我们所了解的波浪被称为振荡波（oscillating waves）。海水在前后运动时，只有能量在持续沿着某一个方向运动。然而，罗素曾看到两匹马在运河里拖拉一艘船的景象，当马和船都停下时，他注意到原本在船头处鼓胀的水面变成了一道逐步传递的波浪，便策马追随这道波浪以研究它的动态。最终公布的观察结果让物理学家们大为震惊——他发现这道波浪确乎是一种新型的波浪，与他们之前所熟知的类型相差甚远，因为这种波浪在传播时，不只在传递能量，水自身也在运动。罗素将此种波浪命名为“移动波”（translation waves）。

在波浪破碎后看到水冲向沙滩时，我们所见到的波浪已经是振荡波变形后的结果，它变成了移动波。正是这种波浪变成了冲流。这些移动波遵循着与远海处的常规波略微不同的规则，因而会产生一些有

趣的效应。一个很大的差异是当这些细波到达沙滩时，它们实际上是叠加于它们先前的波浪之上的。而由于与其他所有波浪一样，它们在深水中的传播速度更快，因此你会注意到它们通常能够急速地覆盖在其前方的较浅波浪之上。

因此，下次你站在沙滩上时，注意观察最浅波浪顶端的海沫是如何被冲向沙滩的。你所见到的这种波浪类型在1834年刚刚被发现，而在同一年，人类发明了第一台实用电动机。

第十三章 阿曼欣喜之旅：幕间曲

我踏上阿拉伯三角帆船[70]的经历带有一点约翰·勒卡雷[71]笔下谍战小说的感觉。

在一座名为坎塔布的孤立海滨小镇的一间简陋公寓里，我度过了在阿曼的第一晚。那间公寓的指南中并不包含其具体地址，而仅仅由一串有着熟悉形态的数字组成——这种形态即精确的经纬度——这显示了一位航海家对同行的信任。这是唯一一次我在搭出租时要求司机停一会儿，好让我能下车观望一下星空。刚刚找到公寓，我便收到一条短信，告诉我某个时刻会有人去那里见我。

第二天，我正向海面上远眺，来自澳大利亚的一位年轻阿曼历史学家威尔走了进来，告诉我他会协助我搭上船。威尔用他那蹩脚的阿拉伯语成功说服了镇上一位好心的当地人，后者答应驱车半小时带我们去马特拉区。在那里我们艰难地穿过老旧的露天市场，嘴里不停说着“*la shukran, la shukran*（不，谢谢，不，谢谢）”，最终找到了那座有着明朗轮廓并飘着昂扬旗帜的巴兰达博物馆。

站在洁白的墙体和深色的木质镶板前，我们四周突然有人开始跳起一种热情奔放的传统舞蹈。跳跃、扭动、歌唱以及舞剑并不能将我的注意力从混乱中的一种不和谐声音和画面里拉回。起初我的大脑拒绝接受被呈现到我眼前及耳中的景象，但再次梳理后便十分确定了：有人在吹风笛。

舞蹈和风笛声渐渐止息，长袍沙沙作响，几位阿拉伯女人站上讲台，为我们送出由英语和阿拉伯语呈现的双语致辞。谢天谢地，它们不长。短暂的掌声过后，泰然自若的阿曼高官们在苏丹的一位议员带领下进入博物馆。我跟着他们走进去，毕恭毕敬地站在较远处，心里还在想着阿曼风笛，或者称它为哈班[72]。因为一经奏响，整个地区都能听到它悠扬的笛声。（后来我从一位移居国外的阿曼人那里了解到，阿曼会定期派遣风笛演奏家出国参加爱丁堡军乐节，这大概是我听说过的最令人震惊的文化输出了。）

几个小时的时间里，我在精心设计的气派画廊里欣赏了展现阿曼传统生活场景的画作，它们被陈列在馆中舒适的环境下——暴风雨中

的船只、港湾里的船只、安静的骆驼、暴躁的骆驼、数也数不清的连绵的沙，以及大海。

我被引荐给一位澳大利亚的艺术家，他叫戴维·威利斯，已经在阿曼生活了几十年，从事阿曼古老生活方式主题的绘画。我告诉戴维我很喜欢他的作品。说话间，一艘独桅帆船乘风破浪的老旧视频画面在他背后闪烁着光。之后我漫步在富有文化气息的阿曼社区内，遇见了我的计划联络人。他是一位永远笑眯眯的阿曼人，名叫法赫德。我们走向一辆白色的轻型卡车，然后法赫德载着我沿着主干道和坑坑洼洼、尘土飞扬的小路行驶了三个小时，最后到达繁忙的苏尔港。太阳落山了，但在卡车驶上路面的一块巨石时又再次短暂地露面。

踏上传统的三角帆船“沙米利亚号”，我小心翼翼地穿过在睡梦中低声咕哝的身体，找到一片无人的木质甲板，姑且称它为家。作业船只发出的灯光不时闪烁，噪声也在港湾内回响，这使得海鸥不时鸣叫，让人毫无睡意。满月发出明亮的光辉，从天空倾泻而下。猎户座的两脚之间，一点火一般的光亮正快速移动。而蚊子们在我的脸部上方和耳朵周围整夜狂欢作乐。

快5点的时候，一两个人影开始回应宣礼员的召唤，即穆斯林召集大家做祷告的呼唤声，踏过吱呀作响的甲板走到陆地上去。太阳会在不久后升起，以熊熊燃烧之势结束这个无眠之夜。但在此之前，木星和水星先后散发着璀璨的光芒。

在享用了一顿无酵面包和花生酱早餐之后，我见到了来自五湖四海的船员们，开始了这次不可思议的任务。我已见过美国籍队长埃里克，在我早先来阿曼讲授自然导航课程时，我们在沙漠里结识。作为一名阿拉伯海事遗产研究专家，他已经在阿曼生活和工作了八年之久。他的团队由阿曼和印度传统造船师以及绳索船帆制作工匠组成，也加入到船上来，其中有法赫德、赛义德、穆罕默德、阿亚兹以及纳赛尔。这个做手艺活儿的核心团队将因为我们这一小队更偏向做理论研究的西方学者的加入而得到扩大。我们中还有两个海洋考古学家——雅典娜和亚历山德罗，分别来自丹麦和意大利。我的工作是在航行中发挥我利用太阳和月亮进行导航的经验优势。团队的最后一位名叫斯图尔特，他也是船主之一，来自英格兰中部地区。

斯图尔特毕业于著名的格拉斯哥麦金托什建筑学院，在那里他遇见了一位阿曼女孩，并爱上了她。结婚之后，他移民阿曼，皈依了伊斯兰教，全心投入自己的新家和新生活中。清晨在月亮下面走过的身影便是他，那时他正要赶去苏尔的清真寺进行黎明前的早祷。

太阳刚刚升起，码头上的人们便来来往往忙活着为起航做准备。风势有些令人担忧，即便在不怎么受影响的港湾内仍势头不减，这意味着我们在起航之前不得不对船帆做出调整。在上午10点多的高温下，这个过程让人饱受太阳的炙烤与暴晒，却也让我深受启发。这艘三角帆船有一张斜挂大三角帆（lateen sail），这个词来自法语的*latine*，是一种从罗马时期沿用至今的帆具，由一根长长的桅横杆支起一张同样长度的三角帆布，指向船首。你会时而在摄影作品里，可能还在水面上见到这些船帆。它们美丽迷人，充满着怀旧气息，一直都是一种富有诗情画意的象征，代表了对迷恋效率和进步的现代生活的反抗。

古代完全不缺人力。倘若一项技术成效显著，哪怕需要大量的劳动力，也会被认为非常合理。近来的情况却不是这样。为一艘现代帆船换一张帆，一位训练有素的工人只需花费几分钟。但我们八个人汗流浃背地干了两个小时，才把大号的三角帆换成了中号。其间我们没有借助任何金属工具，每隔几厘米就要系上椰壳纤维绳，先是把帆固定在长长的桅横杆上，之后又系了几十个平结将船帆挂起来。很快，我的双手发起热来，在系粗硬的椰壳纤维时也被磨破了皮。

船上的工作完成之后，我抽身出去又买了一些无酵面包，之后一边沿着一道破碎波走着，一边观察着大海。海面上有很多静风区和静浪区。港湾内散布着其他帆船，有一些停泊在码头处，但大部分都停靠在海湾里。我很享受观赏成群结队的水鸟排成一排，与停泊的帆船平行，一律面向西南风。

又耽搁了一阵子，这次大家在为发动机找一个替换叶轮。我无事可做，便开始教那些感兴趣的人如何利用临近中午时的影子来分辨南北。随着太阳渐渐升至最高点，它永远忠实的影子便渐渐缩短。在太阳达到最高点时，影子也达到最短。我解释道，这根海港灯柱的影子会变短，之后再变长。我们在中午时分给它的影子做标记，就可以计算出它何时最短，这能让我们画出一条完美的南北线。

我在世界上许多不同的地方做过上百次这个简单的小实验，但我仍在做它。这不仅是因为它是一种打发时间的轻松方式，还因为不管在哪个团体里，总会有一些人觉得它很有意思。但最重要的原因是每次我在做的时候，都会学到一些东西。我并不总能学到有关太阳变化的新东西，但我确实常常能学到不同的人是如何理解太阳和影子的。

在为康沃尔的军校教员开设的一门课程里，我曾绘出影子末端的曲线。我一边画一边解释说，夏天曲线是这样的走向，但冬天曲线却弯向相反方向。一位军事求生教员举手说，他记忆的方法是：因为我

们在夏天时要比冬天快乐，所以对应的曲线分别是微笑和皱眉的样子。此前我从未这样想过，但我现在总是这样看待。在我们为自然界的事物做出个人或文化上的诠释后，自然导航便另有一番趣味。

在阿曼苏尔港炙热的岩石上，我用粉笔标出一道影子的末端，并解释说由于临近中午，影子长度的变化将不再显著。这时，宣礼员的唤拜声从许多不同的高塔上传过来，在港湾里回荡。

“太阳现在就在天空最高处。”斯图尔特说，他注意到我在影子的末端标了一个“X”。

“是吗？”我问，“你怎么知道？”

“因为我们现在听到的是正午唤拜声。它被设定在太阳位于天空最高处的时刻。”

斯图尔特和我看了看彼此，又看了看地面上的标记，都笑了起来。一旦我们领悟了这些含义，一切都变得完整清晰起来。不管我们是不是穆斯林，正午的唤拜声都是观察影子的一个提示。在世界任何地方，那些影子都能清晰地指出南北方向。我用粉笔完成了影子罗盘的标记。这时，一艘渔船靠岸了，带回的战利品有一条小鲨鱼和一条巨大的剑鱼。

在影子开始明显拉长之后，我走开去观察离码头较远处的一个水坑。这个水坑距海较远，很明显并不是海水飞溅或者下雨的结果。在这个地方，一年只有几次大量降水。我猜测，最有可能的结果是一艘渔船的捕获物被装进箱子冷冻保鲜，之后在这里被卸载到车上，给这里留下了一个小小的淡水坑。我毫不怀疑这是淡水，甚至都无心去尝一口进行验证。水面和它周围的环境里撒满了鸟屎，这清楚地表明鸟儿们不仅发现了这处珍贵的淡水，还非常欣喜地在此嬉戏。周围的苍蝇发出急切的嗡嗡声。

又做了几个小时的准备工作后，太阳落山了，白日的余温逐渐消退。我们松开船首和船尾的缆绳，踏上征程。起锚意味着把锚提起，并开始扬帆。

紧张的扬帆工作让大家手忙脚乱。接下来是异常紧张刺激的一个小时，其间我们四处躲避，并不断穿行于各种小型渔船以及它们隐藏在黑夜中的“阴谋之网”间。有人在桅杆处向舵手打手势，以此从船首处下达指令。浮标、灯火以及停泊在岸边黑沉沉的三角帆船巨大的身影，从我们的船边滑了过去。

手忙脚乱的时期过去了，现在转为在开阔水面上更为安静的瞭望工作。那些对航行不甚熟悉的人通常以为他们在短短几小时的航行之中所见到的情景便是整个航行的常态。然而这并不能清楚地呈现任何一艘帆船上的典型生活。出港后或进港前的一两个小时通常会很忙碌——船帆需要挂起或收起，绞船索要备好，护舷材要装上或取下等。因此，任何不到一天的航行都会给人一种航海就是不停忙碌的印象。然而一旦远离港口，或者距目标港口尚远时，要是天气不错（通常都会如此），我们便只需安静地行驶。在这种怡人的平静环绕着“沙米利亚号”和它的船员时，我走上船头，就着月光往本子上草草做了些笔记，手里还捧着一杯甜茶。我沉醉在老人星璀璨的光辉中，它是夜空中船尾方向第二明亮的恒星。无论何时你在欧洲南部旅行，见到它都是一种恩赐，因为它是南天的一种恒星，在地球北部是看不到的。

阿亚兹和赛义德看到我在用手比画一些奇怪的形状，便走上前来。埃里克告诉他们我上船的原因，他们都非常好奇我在船首所表演的奇怪舞蹈到底是在做什么。我告诉他们如何利用仙后座找到北极星，又如何运用北极星测算出自己所在地方的纬度。你的水平视线与北极星之间的角度便是你所在地的纬度。

我给阿亚兹和赛义德演示如何运用自己的拳头大致测量出这个角度——对大多数人而言，平伸的一只拳头所占据的角度大约为 10 度。随后我们闲聊起一件闻名遐迩的阿拉伯航海工具：卡玛尔测天仪。

假如定下三角形的两条边，你便得到了一个角。背靠墙站在房间里，看着对面的墙与天花板的交会处，你的视线与地面便形成了一个角。数一数从地板处到天花板能容纳几只平伸的拳头，你便能粗略地估量出某个角的角度。在我此刻写作的小房间里，从地板到天花板之间是五只拳头，也就是说从地板到天花板的角度大致为50度。

阿拉伯航海家发现用胳膊和拳头的效果还不错，但用一根绳子和一块木板会更好。他们用牙齿咬住绳子的一端，木板下缘对准地平线，然后测量出星星和太阳的高度。在“沙米利亚号”上就有一个卡玛尔测天仪。但说实话，因为它的构造太过简单，只要能找到一根绳子和一块木头，你就可以说你拥有一个卡玛尔测天仪。

由于不管如何测量，在你水平视线之上的北极星角度便是你所在地的纬度，那么，倘若你离家时在港口测出这个角度，那它就能很好地指导你找到回家的航线。随着时间的推移，测量这个角度的方法在不断完善。在世界上的不同地方，各种精妙的工具补充或取代了卡玛尔测天仪，包括反向高度观测仪、直角尺、星盘、象限仪、八分仪，

最后还有六分仪。六分仪可能是一种非常华丽的工具，其中最佳者设计精良，价格不菲。然而，所有这些工具最初的目的和原理都令人难以置信地简单：它们只是为了测量角度。

我接管了舵。幸运的是罗盘灯坏了，这样它前卫的光亮便没法再碍手碍脚。但当有人推荐我用苹果手机的应用程序来替代罗盘时，我内心深处生出一阵厌恶。在天津四和北极星之间，我掌舵向前航行。

被换下岗位的瞭望员钻进睡袋，在轻柔起伏的舱板上分层躺下。大海的波涛声时而被低声的阿拉伯语或不时的笑声打断。亚历山德罗在听到我们说可以在他煮的意大利面上浇些酱汁时，表现出了同我在听到可以用苹果手机应用程序导航时一样的鄙夷。他在午夜的厨灶上切切剁剁，忙活了好一阵子，我们才得以在海面上享用了一顿美餐。

回到船首处，我举目望着一只蛾子在桅灯上方起舞，好似一粒灰尘飞舞在篝火上方一般。看了一会儿后，我又望向水面。一条大鱼——看起来像条小型鲨鱼——跃出了海面。不过鲨鱼一般不会跃出水面。然后我便看到了那幅景象。

满月的光辉在水面上被反射出去，但是反射得并不均匀。它明亮的路径在远处更为宽阔，但在近处比较狭窄，这种情况在海上很常见。但还是有一些不寻常的地方。在不远不近处的一片狭窄区域（一道极细的平静水面）里，白色的光束突然急剧变窄。我望着月亮慢慢沉下，它在海洋上的闪光路径跟着变得狭窄了些。风完全停了，月亮的路径缩减为一小块不断跳跃的耀眼光芒。

我们继续行驶，船后方是最为明亮的天狼星以及大犬座的其余星辰。我长久地伫立于我在船首的位置上——即便远离海岸，无处不在的渔具仍会对船构成威胁，所以需要有人在那里守着，而我乐于效劳。船首的瞭望台在恶劣天气里最令人恐惧，它会使某些人如坐针毡并引发呕吐。但我一直很喜欢前甲板的位置，而在这样风平浪静且温暖的天气里，它简直就是一种恩赐。

没有人会忘记自己在真正的极端天气里的第一次船首值班。很多年前，在英吉利海峡，我在8级大风中站立于一艘70英尺长的赛艇的前甲板处。伴随着每次重重撞上船首的海浪带来的冲刷，我与跟我同在前甲板上的伙伴哈里一起挣扎着修好了艏三角帆上的一处毛病。当时是2月份，我们被层层包裹，衣服外面套着海上用的油布雨衣，戴着帽子、手套，还穿着救生衣，用保险索固定住。要是大部分时间里船都处在波浪之上，我们便清楚自己会安然无恙。我们不停地大笑着。起初我们紧张不已，随后感到难以呼吸，但最后我们开始闹腾起

来，开心地大叫着把海水从口里吐出去。

值班结束后，我们像蜥蜴一样沿着闹哄哄的甲板溜回驾驶舱内，又下到厨房里。在我的记忆中，我仍旧可以清晰地看到可怜的船员们靠着船尾的安全护栏，朝海沫遍布的海面上呕吐。在甲板下，我们穿过那些晕船或者受伤的船员，卸下了自己的装备。我们的腹部上方有一些蛋一样的区域。冰冷的海水灌满了我们的靴子，浸湿了我们的每一寸身体，但不知为何却在紧挨着我们两人腹部皮肤的衣服上给我们留了一块卵形的干燥区，大小不超过我的手。这又让我们大笑了一场。最后我们在船舱湿乎乎的温暖空气里昏昏欲睡，一只胳膊紧紧抱着一根杆子，另一只手里还握着一杯茶。

清晰的视野、明确的任务、肾上腺素以及新鲜的空气可以帮我们在大风天气里抵抗晕船。哈里和我在执行任务前曾在船首灌了一大通鸡尾酒。这使得我们在遭受不幸的船上仍能保持心情愉快。

很快，月亮的闪光路径又回到了水面上，并朝着远方模糊的山体轮廓铺展开去。这一次，闪光路径并不平直，而是从月亮朝北方弯曲。我不禁看得出了神。此前我已无数次看到过这些闪光路径，然而一旦在熟悉的景象上又观察到新的东西时，我便为之心荡神摇。此前我从未注意到这些区域有时会弯曲。我用脑子记下这幅景象，又在笔记本里草草写下，好在日后对此做进一步的调查。

我的目光从猎户座的宝剑处向下移至南方，想要估量它与老人星之间的距离有多近。黎明前的风光恬静怡人，船首上现在聚集了一拨人。我为他们演示了几种利用星星的方法。我们观察猎户座、御夫座、仙后座，还有现在已于东北方升起的北斗七星。最大的喜悦还是来自望着水星在东方冉冉升起。这颗明亮的行星总是离太阳不远，以至于常常无法用肉眼看见。倘若天空无云，而你又了解观察时间——它仅在太阳刚刚落下之后或快要升起之前显现——便很容易常常发现它。那天早上，我们大饱了一场眼福。

太阳升起来了，风势也随之渐盛。我们中没有瞭望的人在甲板上忙前忙后。所有的人手都需要一起上，好改变我们的帆向，这包括将三角帆从桅杆的一面转向另一面。我们再次大汗淋漓，双手也变得酸痛。不久之后，海风开始呼啸，乌压压的云在我们上空堆积起来。我们不得不躲进远方海岸线的一处海湾里。

在一处安全的海湾里我们抛了锚，这时天空变得愈加阴沉。对长途航行的渴望在即将来临的风暴前搁浅了。在此之前，月亮下闪光路径弯曲的方式一定在我的眼前演绎过上千次了，但在那片海面上乘坐

那艘三角帆船的前一刻，我从来没有恰当地领会到这一点。我现在非常珍视这种形状，在“光与水”一章里已经详细讲过这一现象。但本章关乎另外一些更为广阔的事物。

我已经到达了中东，并充满希冀地踏上了一艘三角帆船，在对我而言既新奇又古老的船上研究水。我以为我会满载而归，身负阿拉丁的一只口袋，里面装满全新的观察收获的宝石。在遇到诸多熟悉的水面迹象后，我们被迫躲了起来。但我只观察到了一个新奇的现象，那就是月亮在海面上倒影的弯曲形状。

这可能令人垂头丧气，但这次航行提醒了我，那就是：如果学会接受我们所寻求的迹象就在那里，我们会找到它们，但发现的过程并不总是按照自己的计划发生，那么此时读水者的沮丧就会转化为一种接近喜悦的心情。在那次短暂的航行之后，我现在称这种心情为阿曼式欣喜。不像那种被称为“土耳其式欢欣”的甜甜腻腻的土耳其软糖，对我来说，“阿曼式欣喜”是水所拥有的一种习性，那就是它会挑选合适的时间，把自己愿意展示的秘密展示给你看。

我抬头看着周围崎岖不平的地势，身体随着船只熟悉的节奏轻轻摇晃着。空气在山体岩石上方舞动，风趁势卷起一捧尘土。或许我已从三角帆船上跨下，但阿曼海岸远处的水仍让我牵挂。

第十四章 海岸

如果把海岸区定义为距岸12英里的内陆加上距岸12英里的海面，那么在英国，海岸区的空间要远多于非海岸区的陆地。

任何海岸线的长度都具有迷惑性，因为它的形状是不规则的——我们与它的距离拉得越近，观察的位置越近，它就越长。看看世界地图，从康沃尔的西南角到肯特的东南角之间的距离目测应该是500公里左右。但假如你徒步沿着海岸线走过每个迂回曲折的大小海湾，你就会发现实际距离可能比那个数字多一倍。又假设你是一只蚂蚁，顺着每一道岩脊、每一块石头往前爬行，这个数字便会飙升至成千上万公里。选择的观察方式不同，海岸线的长度便随之不同，这是大自然玩弄的一种数学把戏。

当我们思考身处海岸的视野大小时，又出现了另外一件数学趣事。凭海远眺，我们习惯于去寻找海天的连接线，也就是地平线。由于很少有东西能完美地置于地平线之上，好让我们的目光可以聚焦于它，因此无论我们站于何处，这条线看起来离我们的距离似乎都差不多，但事实并不是这样。视线的海拔高度对我们所能眺望的距离有着至关重要的影响。当这个高度较小时，这种影响会更加显著。

走在沿海的小径上，当你爬上一座小丘，你所处的海拔高度可能会从100米升至125米，这时你会比之前多看到几公里的海面，比如说从36公里延伸到40公里。但如果你站在拍打海岸的海浪处，然后爬上25米高的小丘，那你能够看到的海面范围将会从5公里猛增至18公里。

实际上的差异要更加异乎寻常，因为当我们的高度提升后，我们不仅看得更远了，我们所能看到的海面范围也会有更大幅度的扩张。站在一座25米高的小丘之上，要比你站在沙滩上所看到的海面面积多10倍。水手们常常爬上高高的桅顶瞭望台观望，无线电发射器如今被安置在天线顶端，这些做法都是有其道理的。灯塔的高度也非常关键。

这一章将会讲述对海岸现象的理解和解读如何能够帮助我们更好地领会海岸世界之美。能见度、海岸风、海岸线的形状与博物学知

识，这些都是一幅美丽拼图的一部分——在这一章我们会先了解一些细节，然后再把这些碎片整合到一起。

能见度

地球上只有0.04%的淡水存在于大气中，但这部分水却时常受到我们的关注，因为大海无时无刻不在受云彩、薄雾的影响，而后者会改变能见度。即使空气中没有水分，这也预示了阳光普照、一眼万里的一天。事实上，良好的能见度不仅说明空气湿度较低。当大气十分稳定，各个气流层之间互不干扰时，较低的气流层就像一潭死水，将污染物与灰尘滞留其中，从而引发雾霾天气，降低能见度。因此高能见度是空气水分含量较少的表现，它意味着大气的流动性较好，污染物水平较低。有一些著名的事例记载了极高能见度的情况，比如透过游客的望远镜能够从多佛尔看到加来[73]的钟塔。

> 多佛尔海峡，泰晤士河。东南风转西南风4到5级，稍晚偶尔可达6级。偶有降水。良好，阵雨中较差。

这段话是英国广播公司（BBC）广播四频道的海上天气预报的最后一小节。“良好，阵雨中较差”指的就是能见度。它对于海上生活以及观海活动至关重要。如果你在观海时有固定的海岸观察点，那么找到一些朝不同方向延伸不同距离的地标会非常有用——你可以利用它们在白天进行能见度测量。

“12分钟之后会有倾盆大雨……对，我们要变成落汤鸡了。”一位头发花白的当地人悠悠地说道。他口里吮吸着一片草叶，目光深长。之后便下雨了，不早不晚，刚好过了12分钟，你会发现自己身处倾盆大雨之中，被这位当地人的先见之明弄得摸不着头脑，而他早已拂袖远去。这不是什么巫术，只是一个通过观察事物可以预测天气的例子，比如，西方的无线电杆消失后，就一定会有阵雨。

沿海区域特别容易起雾，不仅因为它“腹背受敌”——前有大海，后有陆地，还因为这里是暖空气、冷空气和海水交汇之地。雾有几种不同的形态，但主要有两种值得我们了解，因为只要能够将其中一种与另外一种区分开来，你便可以相当精确地预测出它的变化。

第一种是陆雾。它在一年中的寒冷季节里更为常见，特别是在晚秋和冬季，且常常在一夜晴朗之后出现。如果是冬季无云的夜晚，陆地会辐射出热量并升发开来，因此这些雾在气象学里被称为“辐射雾”（radiation fogs）。热量辐射掉之后，地面降温，湿润的空气遇

到这些冰冷的地面就会凝结成雾。然而，这些雾的出现取决于不流动的空气，只在空气非常稳定的时候停留。一旦起风，辐射雾便会随风扬起而消散。飞行员常常受到这种晨雾的困扰，于是他们学会了在几分钟之内只通过留意风速来预测出它们的消散时间。风速为9节时，跑道上仍有大量雾聚集，而当风速为12节时，雾便全部消散。（1节等于每小时1海里，而1海里约等于1.15英里[74]。）

另一种值得被提及的雾是一个与众不同的讨厌鬼——海雾，也被称为“平流雾”（advection fog）。这些雾主要在春夏季的海面上形成，此时温暖湿润的空气吹向凉爽的海面，水蒸气因而凝结，于是成雾。这种雾看起来或许与辐射雾，也就是陆雾没什么两样，但它的特性却十分不同，因为即便是狂风也无法将这种雾吹散，因此它可以在大风天里滞留。我还记得许多年前，我在英吉利海峡驾驶一艘小艇时遇到了狂风与平流雾。那种感受令人十分不安，在被强风吹拂的同时，你还无法看到任何东西。

海岸风

在了解过能见度之后，下一个需要详细讲述的海边事物就是风。这是因为，假如高度和空气湿度决定了很多你可以看到的东西，那么风力和风向则决定了很多你在水里确实看到的东西。许多水手将小布条［别称“风向线”（tell-tails）］系在船帆和支索（为桅杆提供牢固性的金属丝）上，通过观察它的状态来观测风的动态。这种认识对于安全有效的航行当然非常重要，但对于从陆地上了解海水的动态，它同样具有价值。陆地上通常也有一些尺寸很大的风向线以供使用：旗帜或者烟都是了解风势的绝佳视觉提示。

在思考风力和风向时，试着将风向与它的特性及周围陆地的特点结合在一起考虑。对于很多古人，包括希腊人来说，风的特性与它吹来的方向关系如此紧密，以至于它们的含义交织在一起，不分彼此。描述风和方向的希腊词可以通用，*anemoi*意为诸位风神，每一尊都自不同的基本方向上占据一位。近来，太平洋岛民发明了“风罗盘”（windcompass），这种工具并不神秘，最好就把它当作是对于来自特定方向风的特点的确凿记录与了解。从西北方吹向汤加[75]的风温暖湿润，来自西南方的风比较清冷，东南风吹来时则带来了它标志性的云团。

这种“风罗盘”的概念让西方人迷惑不已，这可能是因为“罗盘”一词不可避免地令我们想起某种实体的工具。但这种迷惑并无必要，它就这么简单：当你感受到的微风要远比预想的凉爽，那就看看这阵风

是否大致来自北方。这样做的次数多了，你便无须检验，并由此掌握了一种将凉风与北方联系在一起的传统方法。你也因而获得了自己独有的最基本的风罗盘。你可能并不需要或者甚至不想知道风向，但重点不在这里。这是了解风不同脾性的开端，而了解风是解读大海不可或缺的一部分。

对风的敏感度越高，你就越有可能掌握某些海岸风的特性。其中一部分风会在世界各地出现，有一些却只在特定地方出现；有些能持续一整个季节，而另一些却只能维持一两个小时。在5月至9月间，梅尔特米风（Meltemi winds）[76]会突然降临，从北方吹向爱琴海。有时它会持续一个小时，有时持续数日才停息。这种风十分猛烈，令人惧怕，一有征兆显示它在逼近，海警便常常禁止小船出海。不难理解古人为何会将这种风比作人，且常常是奸诈凶狠之人，但有时也会把它当作朋友。马其顿国王腓力二世对梅尔特米风善加利用——他十分清楚舰队很难在夏季向北行驶到达他的疆土，他便可以在此时更加自如地发动战争。

我们来看看两个相对来说值得信赖的全球人物：海风与陆风。在温暖的天气里，清晨的太阳使陆地升温，其速度快于海水升温，陆地上方的空气因而升起；微风自海面吹至陆地，冷空气得以流动，填补了上升的暖空气留下的空缺——由此建立起一个循环。在夜晚，由于陆地要比海水更快降温，循环于是转换方向：陆风得以形成，空气往相反方向流动。在风平浪静的天气里，只有这些风可以被感觉到。

这就是人们喜欢在闷热而令人窒息的天气里到海边乘凉的一个原因，这个习惯如今依然十分盛行，一如在荷马的《伊利亚特》里，涅斯托耳和欧利米登去吹海风以给自己带来清凉。感受到海风的一个确凿证据是，不管你当天位于海岸何处，风都让你感觉是从海上吹拂而来。假如你徒步或驾车环岛，在同一天里不管你朝海上的东南西北哪个方向望去，也许都能感受到海风扑面而来。

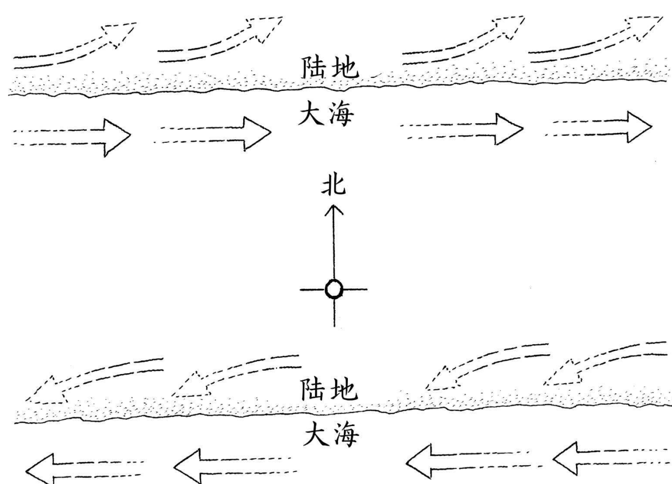
下一位值得我们了解的无所不在的人物是下降风（katabaticwind）。前面已经讲过，在无云的夜晚，陆地会辐射出热量，当它发生在山体比较陡峭的斜坡上时，就会形成冷气层，就像雾在形成时所生成的那般。但因为身处斜坡，这团冷空气无法老老实实地待在山上。冷空气的密度要比暖空气大，于是这个冷气团开始迅速地向下坡滑动。这听起来像是一种温柔且可爱的现象，有时也的确如此，然而因为累积效应的作用，如果山体足够庞大、险峻和寒冷，或许还覆有一层雪，那么最后生成的有可能是毫不友善的风。在北极的某些地区，突如其来的猛烈下降风有一个别名——“威利瓦飑”（williwaws），这个词的来源不甚清楚也不重要，因为它如此完

美精准地捕捉到了这些风所引发的担忧。

接着出场的是相对不被人熟知却非常迷人的海岸风效应，每当风沿着与海岸差不多平行的方向吹拂时便会发生。风一旦触碰到地表，便会因摩擦力而减速，具体减速的幅度取决于地表的粗糙程度。山地会大幅度削弱风势，平地则没有这么严重，而海面只会略微降低风速。这也就是说，风在吹过任何陆地时遇到的摩擦力与吹过海洋时遇到的摩擦力总有着相当大的差异。当风因摩擦力而减速，在北半球它们便会“逆转”，也就是说它们开始逆时针转向，比如西风可能会偏转为西南风。

综合以上，海岸吹拂的风会遇到不同水平的摩擦力，大小取决于它们是吹过地面还是水面，这进一步意味着它们会有不同程度的转向，并最终吹往略微不同的方向。假如风沿着海岸吹拂，而陆地在风的左侧，比如沿南面临海的岸边自西向东吹，这些风便会分裂成不同方向的风。这种现象被称为沿海辐散（coastal divergence）。而假如风朝相反方向吹，陆地上的风会偏向海面上的风，两者因而挤压在一起，这种现象被称为沿海辐合（coastal convergence）。倘若对此有所怀疑，你可以抬头在云彩中找找这种辐散或辐合现象，再低头看水。

与水面相比，风在吹过陆地时会减速，这个现象同样意味着风在吹过岛屿时会向左偏转。声望显著的当代太平洋航海家奈诺亚·汤普森，能够通过持续观察风在经过岛屿时所偏转的方向，来计算出自己相对于视野之外的夏威夷所处的地理位置。



沿南岸吹拂的辐散风和辐合风

风从水面吹向陆地时会向左偏转并减速，而从陆地吹向水面时会向右偏转并加速，比如，在吹过辽阔的湖面时便是如此。

冷水较暖水更能降低风速，而浅水常常比深水温暖，因此假如你仔细观察便会发现，风在吹过较冷水面时会向左偏转，而在吹过较暖水面时会向右偏转。

海风里有一个另类叫“飑”（squall）。飑是恶劣天气里的复杂单元以及孤立的迷你系统。温暖湿润的空气被抬高，随后又回落在附近区域，成为更加寒冷且猛烈的狂风，并最终形成一阵倾盆大雨——这种现象便是飑。我永远不会忘记2007年我孤身一人穿过大西洋时曾与这个无赖交手。每当在大洋上航行，尤其在你人手不足时，要时刻紧盯着手头所有的天气数据和预报，并对所有预示变化的自然征兆保持警惕，这非常重要。

在大西洋上你可能会遭遇一些恶劣风暴的袭击，虽然小心选择出发日期能将这种概率降到最低。然而没有一个专业气象预报员会承认这样一个事实，即根本没有任何方式能够准确预测飑会在何时何地形成——这种天气现象范围太小且反复无常，常常突然发生又迅速消失。在穿过大西洋时，我遇到飑的次数频繁到让我应接不暇，每一次我都因换帆而筋疲力尽，并且要在经历几分钟如坐过山车一般的风和水的暴动后，一切才归于平静。

然而，倘若你并不需要驾驶小船经受飑的袭击，便很容易对它们持友善态度。我对这些捣蛋鬼的憎恨现在已基本消除，并且十分享受从岸边观赏它们，欣赏程度一如几年前我在一艘小船上看到它们时的厌恶程度。它们在水里制造出的水纹可以作为一件狂暴且尖锐的艺术品欣赏，风最好被看作是一股向下爆发的力量，从黑暗的飑云中心底部辐射出来。因此，当你看到一团孤零零且面目狰狞的云彩时，可要在云下的水面上找一些有趣的水纹来看。

海岸线的形状

1880年代，丹麦的海军军官、北极探险家古斯塔夫·霍尔姆在冒险前往格陵兰岛的东海岸时，遇到了许多因纽特族群。他回来时带了一件非常独特的可用于研究的纪念品。旅途中他遇到的一位叫科纽特的因纽特人卖给了他一些乍看上去像是浮木的东西，其粗糙的边缘已因长时间漂浮在海面上被磨平。但霍尔姆发现这些可远不是普普通通的木头——它们是地图。霍尔姆当时为拥有这些三维的木质地图而自豪，这些地图的形状反映了海岸线的特点，不管白天黑夜都可以通过

抚摸它们来进行阅读。这种有形地图边缘的每一个突起都代表了一处岬角或一座岛屿，上面还有刻痕以代表良好的储藏地点，除此之外，它还标记了那些可以在两道峡湾之间的陆地上抬起独木舟的地方。

霍尔姆由此发现的那处海岸线名为安马沙利克海岸，而霍尔姆新得的安马沙利克木质地图被安全地送至哥本哈根的一座博物馆里，随后又被送回位于努克的格陵兰国家博物馆。大英图书馆有它的复制品展示。

我们大可以自己动手为我们最喜爱的海岸线制作木质地图，但有一个更加简捷易携带的办法。我们可以辨别形状并用窍门对它们进行记忆，从而了解海岸线的形状。

让我们回想一下在“光与水”这一章里讲到的“空想性错视”现象，记住我们的大脑喜欢识别形状和图案，一点点迹象便能让大脑创造出一些实际并不存在的东西。这有时倒也有趣——我们会在起沫的水面或云彩之类流动的场景中看到人脸，有时它又会误导我们，比如我们以为海豚在朝我们微笑，但这只是因为我们将它嘴角的形状进行了人格化。不过有时它也十分有用，当我们试图识别记忆一些固定却复杂的形状时更是如此，比如地形，尤其是海岸线。

沿着一道海岸线观察，你会看到陆地的轮廓特征——它的形状、一系列海角、岬角、海湾、小湾、海柱、凸出的石块、海滩、凹角以及其他各种陆标。起初太多的信息会令你难以消化，但如果找到最为显著的地物，然后让你的大脑随意发挥一下，便很有可能一处岩石突起与另一处重叠起来，进而形成一种勉强能够识别出来的形状。大脑的这种错视应该得到鼓励，因为它能够在很大程度上帮你识别并记忆海岸的地物。这反过来也会帮你理解在水中所见到的一些水面形态。

例如，你可能会在远处看到一处大的岬角，而在近处看到一处较小的岬角，两者合起来就有些像猫的脑袋。因此你可以为它们命名“猫头双岬角”。如前所知，岬角对于水中所生成的图案形态有着相当大的影响，像这样与两处岬角建立关系并为它们命名意味着你能将这些地貌记在脑子里，从而能快速识别出它们造成的水面图案。

沿海岸线行驶时，你看到的形状会变形、出现以及消失，因此你创造出的这些形态只对某一段特定的海岸有效。你已开始在脑中描绘周围海岸地物的地图，尽管你不会在任何博物馆里见到这些地图，它们却要比因纽特人的安马沙利克木质地图更加便携。设想你停车下去观赏沿海的风景，发现一处岩石的外貌让你想起一位老人的面部轮廓，因此将其命名为“老人”。现在沿海岸步行一段路，几分钟之后“老

人”消失了，因为那处岩壁不再像他。当天的晚些时候你又往回朝你的车走去，以为自己一定离它不远，但随即想起回头查看那个熟悉的岩石外貌——没有看到“老人”，因此你清楚还有一段路要走。再过几分钟，你再次回头查看，“老人”又出现了，现在你确定车就在不远处，很快它便出现在小路的下个拐角处。

这听起来像是无害且可能毫无用处的游戏，但它却带我们认识了水手们所发明出的最强大的海岸技术之一，正式名称为使用“过渡导标”（transit）。这值得我们详加了解。简单来说，假如任意两个物体一前一后重叠，这便意味着我们站立于两个物体形成的直线上。举例来讲，当我们看到远处一座高山上的一根无线电杆，它刚好处于近处某座教堂的尖顶上，那么我们就一定站在它们所形成的直线上。这种将自己与其他事物连线的方法强大到令人难以置信，不需要用电，也很容易运用和理解。假如你能鉴别出这两种事物并清晰地看到它们，这种方法便十分精确。

莱塞克雷胡斯岛是位于海峡群岛[77]的泽西岛东北方向上的一个岩石群，它对航行构成了严峻的挑战。在主岛上有一些度假小屋，我们喜欢夏天去那里露营。但要抵达那里，你不得不穿过有着巨大潮差的水面和湍急的潮流，无数凸出的岩石，以及随处可见的致命的沉船残骸。这个地方太小，不适宜用任何高科技航海辅助设备，甚至GPS作用也有限，因为一旦深入其中，一切都发生得太快。但有一个已经沿用几百年的诀窍，也就是将事物连线，使用过渡导标。此处有三块伸出海面的岩石，你要做的不过是调整自己的位置，使得那块在我看来有点像鲨鱼鳍的岩石处于其他两块之间，这时你便在正确的路线上。然后再转一个弯，使旗杆上黑色的面板瞄准被涂成白色的石块，然后便可以安全地航行至小岛上。

几个世纪以来，所有使得陆地能够更容易从海面上被识别出来的标记都拯救了千千万万的生命，不管它们是自然地物还是人为标识。伊丽莎白一世深刻地意识到国家的富强越来越依赖于海员们的安全，因此她有一道知名度不高却十分实用的法令，那就是保护沿海地物：毁坏或改变它们会被定为刑事犯罪。到了今天，绝大部分的港口和港湾管理机构都在设法使这些过渡导标更容易被发现，其中白色和黑色是沿海地物的常用色。

在探索海岸时，最好将这些记在心里，因为一旦发现一些被涂成白色或黑色的醒目事物，通常很高或比较突出，你看到的就很有可能是一个过渡导标的一部分。找到另外一部分因而也就意味着能找到安全航线。当然，查看航海地图是解决疑惑的简便方法，因为过渡导标在上面显示为一道细直的黑线，从陆地伸向海面。

戴维·刘易斯既是学者也是海员，他曾驾驶一只传统的小舟从太平洋的普卢瓦特岛出发。他要研究当地的航海家希波是如何在不借助任何工具的情况下成功穿过涌浪而不偏移航线的。如刘易斯所猜测的那样，希波使用了过渡导标——他在行驶的过程中会确保身后的两座岛屿既不要完全分离，也不要重叠太多。如他所说，他在掌舵时会确保它们“难分难舍”（ *parafungen* ）。希波在这样给刘易斯解释的时候，太平洋的船员们都哄笑起来。刘易斯猜对了，*parafungen*的意思确实是刚好重叠的岛屿，但它同时也是个隐喻，暗指两个人非常亲密。

辨别地物以及连线过渡导标，这两个彼此关联的方法在世界各地都是基本的传统航海术。即便身处陆地之上，它们仍十分有用且有趣，你可以利用它们来辨别和记忆附近的海岸地物，也可以借此更加深入地了解你与这些地物的相对位置。

另一个行之有效的方法是测量远处物体的高度或者它们之间的夹角，测量工具为最基本的一种六分仪——伸出的拳头。去年我曾经把车停在几座沙丘附近，然后步行前往艾尔角（威尔士大陆的最北点）附近的塔拉克尔海滩。我开始朝着醒目却被闲置的灯塔走去，但刚刚走了几步，我突然意识到想再次找到车可能是个小小的挑战。它停靠的地方无从描述，隐藏在绵延几英里的一座座沙丘之后。我决定伸出拳头测量远处灯塔的高度，数一数从海滩到灯塔顶端需要几个指关节。几小时过后，我往回朝车的方向走，心里清楚当灯塔的高度又回到两个指关节时，我便可以穿过沙丘，这时应该能找到车。

如果你这么做，你便是在跟随沿海航海家们千年以来的脚步。你既可以测量物体的高度——灯塔啊，岬角啊，教堂啊，任何有高度的物体都可以——还可以用与测量物体之间水平夹角相同的办法，比如凸式码头靠海的一端与靠岸的一端之间的宽度为一只伸出的拳头。

所有这些技巧合在一起——辨别海岸地物、寻找过渡导标、测量角度以及在沿海岸线移动时观察它们如何变化——数世纪以来拯救了无数生命。但在这里，我们的重点不在于安全，而更多在于认识。只是欣赏海岸线的美而不去注意周围丰富的细节简直太容易了。如果想要理解沿海水面的形态，首先你便需要关注被水环绕的错综复杂的陆地。

沿海生物

当作家斯蒂芬·托马斯在研究密克罗尼西亚人的航海术时，他对一种被称为“以物定点”（ *pookof* ）的方法产生了浓厚的兴趣。一些特定

种类的鱼或鸟会固定在每天都回到同一个捕食点，当地的航海家，比如毛·皮亚卢，学会了识别陆地与这些可靠生物的相对位置。每一种动物都有自己的栖息地和习性，因此不难想象这些航海家会利用这些动物来描绘地图，但让托马斯意外的是它的细节之处。密克罗尼西亚的航海家们并没有使用我们可能会用的那种很粗略的方法，比如见到像乌鸦这样的陆鸟就认为大陆一定就在不远处。他们会列出某种动物的一些具体的个体特征：一处被称为“因纳莫瓦”的航途基准点[78]被托马斯描述为能够看到眼睛后面有红点的鳐鱼的位置。

不得不承认，当我第一次听说这种方法时，觉得这样微小的细节太过不着边际。我自以为是地认为传说或迷信削弱了真正有用的方法。但在一次不太可能的情境下，我却改变了看法。当时我同在希腊生活的哥哥一家人一起度假，我们租了一辆吉普去探索伯罗奔尼撒半岛的海岸线，途中偶然发现了一处美丽宁静的海滩。这一发现让我们十分欣喜，计划等第二天再去。然而，虽然承认这点有些难堪，我们这一次却花了很长时间才找到它，远超实际所需要的时间。

第三天我们再次回到那处海滩，只是这一次我们很快就找到了它。在希腊这一周剩下的几天里，我们每天都到那里去。在一种奇特方法的帮助下，现在我们可以轻轻松松找到它，并将它命名为我们的“以物定点”海滩。原因很简单——我们最后使用的方法就是沿着一条两侧摆有很多一模一样的市政垃圾箱的路行驶，直到看到那只上面总是有黑白花纹的小猫玩耍的垃圾箱，然后在那里拐向一条尘土飞扬的小径，便可以直达海滩。那些小猫从未让我们失望。

由于与这种方法的这次离奇相遇，我总是痴迷于搜罗这种对动物与地点之间的关系做个人解读的案例。13世纪的一处文献记载了在阿拉伯海域使用的这种方法。“假如在这片海域航行的人看到七只鸟往大海的方向飞，他便可以确定自己正朝着与索科特拉岛相反的方向航行。任何在这片海域航行并经过这座岛屿的人，都会看到这七只鸟，不论白天黑夜，清晨傍晚。不管船只往何方行进，这些鸟儿都会自航行方向迎面朝它们飞去。”

所有动物都能传达信息，就看我们能够破译多少。有很多有关天气变化的特别线索，我们到任何地方都可以派得上用场——沿海的鸟类，比如海鸥，在恶劣天气来临时喜欢朝内陆飞行。然而，我们研究某一区域的时间越久，便越能深入了解动物们所给出的线索。我们可能会注意到一些鸟儿喜欢凌驾于上升的热泡上，在观察了几个季节之后，又突然发现冬天它们喜欢在海面上空飞翔，而夏天喜欢在陆地上空飞翔。这是因为海洋在冬天要比陆地温暖，而在夏天要比陆地清凉。当罗伯特·史蒂文森[79]在贝尔礁卖力建造他最著名的那座灯塔

时，他注意到了动物们所提供的关于天气恶化的线索，因为鱼在天气好时总是汇集在暗礁之上，但在天气恶化时便四散逃开。

逆流碎波与愚蠢

我有五天的休假，想要在海上打发时间，于是便有了这样一个计划（如果这种模糊的念头能被称为计划的话）：从奇切斯特港出发，向西向南再向西航行两天半的时间，然后再花两天半的时间回到家。我的想法是这样能够最大化地发挥时间价值——这样我们就能整整五天都待在海上，而不是从一个船坞跳到另一个船坞——而且完全不用花钱。我的朋友威尔答应同我一起踏上这趟可疑的“时间价值最大化”之旅，我仍清晰地记得我们为自己招来麻烦之时他脸上的表情。

美国经济学家戈登·塔洛克于2014年去世，他因提议在方向盘上安装一根指向司机心脏的尖钉以改善道路安全状况而臭名昭著。我想他的意思是，因为能让我们确信自己受到了保护，那些旨在令我们更加安全的设计会无意中使我们的行为更加危险，从而适得其反。我不知道这个理论是否影响了我和威尔的短途航行。当时我的小艇设计的耐海性能确确实实可以与一艘32英尺的大船相比，因此这可能对于我们之后做的一系列决定造成了一些影响。

一个明智的准则是，如果在航海地图上见到波形曲线，你就得避免在它标识出的那些水域航行，特别是如果那里还涌动着湍急的潮流。但我和威尔觉得这一准则或许并不适用于所有船只，而如果它不适用于所有船只，那它就不适用于我们的那艘小艇。地图上的这些波形曲线代表着多塞特波特兰岬角附近水面上的“逆流碎波”（overfalls），这个名字所指的海上现象是：当急速的潮流流过非常崎岖不平的地面，便会造成动荡不安、危机四伏的水面。其背后的原理非常简单直接，在家便可轻松演示，只要打开水龙头，让水落在一件平滑的物体上，比如一只托盘，那么形成的水面也会非常平滑；但如果同样的水落在像海床洞穴、岩洞及巨石一样相对坑洼不平的物体上方，比如刨丝器粗糙的那一面，那么水面便会四处飞溅。

马克杯、碗、刀叉和书本从橱柜上纷纷落下，在地板上四处滑动，发出令人不悦的刺耳声音。船首以一种猛烈且似乎怪异的节奏上下起伏，我们紧紧抓住护舷。白色的水沫横扫前甲板，我们的指关节也因紧抓护舷而毫无血色。甲板下又是一阵物品砸向地板的哐啷声。这种情况持续了半个小时，令人筋疲力尽且慌乱不安。最终我们摆脱了逆流碎波，船只又恢复了它那怡人的平静和摇摆。这次尝试并没有确切目标，但我们都把它当成是一次惊心动魄的胜利。

我对那次经历的某一刻记忆犹新。在穿过那处逆流碎波时，我曾朝海边的峭壁瞥了一眼，发现峭壁顶端有一座海岸警卫队的瞭望站。我想象着两位警官从上面轮流用一只望远镜望向我们，还一边骂骂咧咧地说："水面上的那两人真是一对傻瓜！"

去年我出差去多塞特，工作之余有了几个小时的空闲，便想着要是从一个安全的地点去观察那片湍急的水面应该会比较过瘾。我了解到在一处名叫圣奥尔本角的地方有一条路，沿路向上有一座瞭望站，隶属于国家海岸观察组织。海岸观察组织是一个志愿组织，旨在通过设立瞭望站以提升海上安全。（你要是以为这些事情是海岸警卫队在做，我不怪你，但事实并不是这样！女王陛下的警卫队如今在汉普郡的一处工业区运行无线电和电子设备，那里可没有一点海的影子——这可能是时代的又一标志。）

那座瞭望站坐落于俯瞰着一片逆流碎波区域的峭壁之上，这片水面同我在波特兰岬角附近所经历的那一片非常相似。当时正刮着猛烈的狂风，我与站台边缘保持着距离，因为曾有人从站台边缘跌落至滨海路而死亡。我忽然想到，要是我想从安全之地观望逆流碎波的愿望导致我被吹落峭壁，那可真是造物弄人啊！

我见到了瞭望站热情的工作人员，在甚高频电台传出来的嘈杂背景音中我们聊起天来。从宽大的窗子望出去，我看向一处湍急的白色水面，那里就是逆流碎波。海水喧腾着发出嘶嘶声，并朝空气中吐溅着泡沫。据我了解，大部分遭遇麻烦的船只都是被那片剧烈运动的水面折断了桅杆。我还见到了一张照片，里面是一艘被拖到安全区域的断桅船。听着风在毫无遮蔽的瞭望站四周呼啸，我问他们，这天的狂风会有多少级。其中一位看了一眼旗子说："旗尾都跳起来了，这风一定至少有40节。"我喜欢他这么讲——主要是因为当时我们旁边就有两台电子设备。机器上面显示风速为41节。

水在流经某些岩石的时候会形成一些比较明显的漩涡。正如河水和溪水在流经障碍物时都会在水里形成漩涡，潮流推动海水经过任何海岸凸起物（从大的岬角到小的岩石）时，同样的事情也会发生在海水里。然后我将注意力集中在紧挨着几道峭壁脚下的一片水面上，与附近其他所有地方相比，这片水面形态异常。这里是两种漩涡的汇聚之地，一种是水涡，另一种是风涡。

屋外的风从海上呼啸而来，但在内陆大约只有50米的范围内才有离岸风，这由附近海边小屋上飘扬的旗子可以看出。这阵风涡因峭壁而生成，并在底下的水面上制造出它独有的波浪，影响了潮流水涡所造成的水面形态。唯一让人有点失望的是那天没有看到试图穿过圣奥

尔本角的傻瓜船长。

离开瞭望站之前，一位工作人员指着水里的某处说：“船到那里会忽然走不动。那底下有一个53米深的洞。”

我向下望去，看到在高高低低的浪峰中有一小块平静的水面，好似它被什么给熨平了一般。

不久，一位头发花白的男人冲进了瞭望站，他满面涨红，眼球布满血丝，瞳孔的颜色却是醒目的浅蓝色。他气喘吁吁，上气不接下气地说起一桩奶牛紧急事件——大约有40头黑白花奶牛冲破了老旧腐朽的栅栏，现在跑到了峭壁边缘，随时都有跌落下去的危险。奶牛主人一定要知道这件事！鉴于事态紧急，我又帮不上这些奶牛什么忙，因此我向工作人员表达了谢意，奉上一些捐款，便退回到外面的烈风中。一辆蓝色路虎正在风中摇晃——我笑了笑，估计现在的风速得有45节了。

内心深处我希望能看到一些年轻的傻瓜在峭壁下的逆流碎波中艰难穿行，正像我几年前所经历的那样。但是又一次，水为我展现了另外一些东西。我沿着一条小路向下走，海岸在我眼前延展出一道充满诗情画意的小湾。因先前拜访过几次查普曼池，我对这道小湾印象深刻。在赞叹了那片水面美丽迷人的浅蓝色后，我首先注意到的便是波浪作用于海岸线的经典呈现，即反射波、折射波和绕射波轻触岬角和海湾。在海湾内，波浪呈扇形平展开来，并翻滚至宽阔的半月形沙滩上。

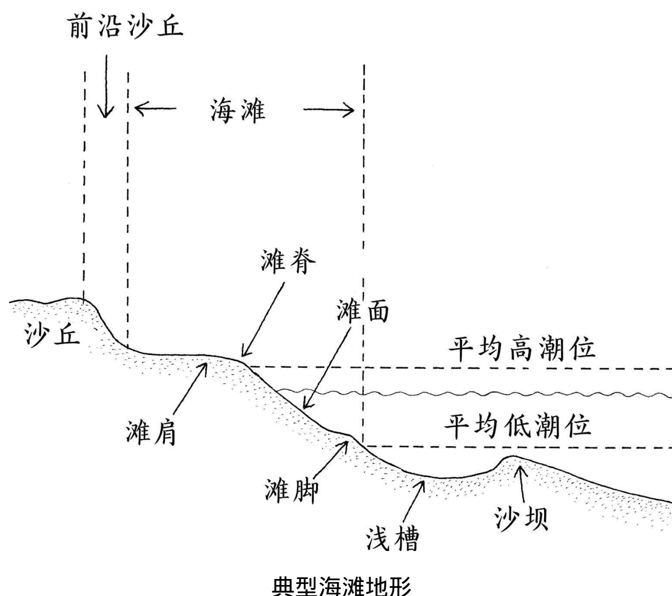
第十五章 海滩

1990年代，美国军方完成了有史以来对海滩构成最为透彻的一项研究。这项研究被称为“沙鸭1997”，它把我们解读海滩的能力提升到了一个新的水平。我们并不是马上就要规划一次两栖登陆，但如果花时间观察，便能感受到每片海滩为我们带来的感官冲击。

“海滩”（beach）一词本是我们用来描述多个相似要素的，通常我们不会单独注意到这些要素。波浪每次冲上海滩，都会改变一些沙子的位置，而在退回时又让它们再次移动。这样每天来回重复上千次，累积起来的效应便创造出了海滩的形状。而通过研究这些形状，我们又能回过去了解水的动态变化。

我们都知道，海滩在某些地方比较陡峭，而在另外一些地方又比较平坦。此外，我们都有过这样的经历，即向海里划去时意外发现水深与自己想象的不一样，那种奇特感觉难以言说。这些坡度的变化是海滩地图的一部分，也是我们借以了解水的动态变化的线索。一片典型的沙滩有多达六块我们可以识别的区域：沙丘、前沿沙丘、滩肩、滩面、浅槽和沙坝。请看下页示意图，便能了解这些不同的部位是怎样组合在一起的。

首先要注意的是，海滩一路延伸至海里的坡度并不总是一样的，它在某一点会明显变得陡峭，这个点就叫“滩脊”（beach crest）。滩脊朝海的一面会比较陡峭，这个陡峭的区域是“滩面”（beach face）。这里的“滩面”说的可不是那种在沙滩上经历了一天的风吹日晒后获得的面色。滩脊朝陆地的一面是相对宽阔平坦的区域，我们称之为“滩肩”（berm），它是我们放置浴巾的地方。而在滩面处，我们常常会惊讶于海水变深的速度如此之快。当然，在很大程度上，潮汐的状态决定了有多少滩面会被覆盖。假如潮水异常高涨，你可能根本就看不到滩面，但一踏入水里便能很快感觉到它。



典型海滩地形

从海滩处朝海面望去，找到大部分大浪的破碎区。在此波浪破碎区之下会有一处明显的浅水区，因为那里是“沙坝”（bar）形成的地方。只要沙滩常受大大小小的波浪的冲刷，就一定会形成沙坝。这是物理学家在做了各种波浪水槽实验之后得出来的结果。沙坝朝陆的一面有一个较深的槽区。有的海滩上会形成不止一个沙坝，于是对应的海床便会有各种高低起伏的沙坝和浅槽。由于塑造和造成这些沙坝的波浪的作用，沙坝朝向海滩的一面通常很陡峭，而朝海的一面则相对比较平缓。在潮水上涨的某些阶段，假如你一直朝海里前进，一路穿过浅槽直到沙坝，那么沙坝陡峭的一面便会把你绊倒。

我常去的西威特灵海滩位于西萨塞克斯，那里总是有很多人对水深突然从膝盖涨至腰部又回落下去而感到意外。在这片海滩上被绊一下然后试图保持淡定，再看那些嘲笑你的人同样被绊，这种事情时常发生。沙坝两侧水区的水温也常常差异明显，异常温暖的水区距明显寒冷的海水仅有几米之隔。

下次踏入海水朝深处走去时，看你能否感觉到脚下的沙子刚好在水开始变深之前变成了粗砾。有一个被称为“滩脚”（the step）的区域，在那里滩面平展开来并与浅槽区连接，连接处常常会有一排粗粝的沉积物。

海水因重力而回落至海里时被沙坝抬高。这意味着浅槽里的海水在不断寻找重回海洋、获得自由的路径，有时这会使得海水平行于海

滩流动。我敢肯定你知道一些海滩，在那里你不得不一直朝一个方向游才能避免被冲到侧边。这种情况非常常见，因为浅槽在其他时候其实是很讨人喜欢的区域，它既远离较大的破碎波，水深又足够我们畅快地游泳。

偶尔也会出现这种情况，浅槽里的海水冲破障碍，强行在沙坝上打开了一个缺口。试想一下，所有的海水突然找到了一个狭窄的出口。或许你已经猜到了，最终形成的是离岸流（rip current）。

1998年，我和妻子苏菲（那时还是女朋友）在印度尼西亚的巴厘岛度假。我们一直在库塔附近一处海滩的大浪中畅快淋漓地游泳。我正要离开水面去海滩上找苏菲，这时听到了一个奇怪的声音。转过身去，我看到海滩上有人尖叫着指向水里的某个人，水里的那人无力地挥舞着双臂，脸上带着惊恐的神情，处境显然非常危险。我往四周看去，想看看附近有没有救生员或者救生圈之类的东西，却什么都没有找到。那时我的身体相当强壮，又是游泳的一把好手，因此我觉得自己该做点什么。我往回蹚进海浪，开始朝遇险的那人游去。开始划了十次，上百种念头闪现在我的脑海中。我奋力迎着不断涌来的海浪向他游去。

我知道去找帮手是更明智的决策，而且我对搭救溺水之人的危险甚是清楚——其间的心理状态相当怪异且骇人。溺水之人有时会在他们错误且常常猛烈地争取自救时溺死自己的施救者，这也是许多救生设备上系有长长绳索的原因之一。但知道这些并没有阻止我想要搭救的本能。我更加卖力地朝他游去，在几道巨浪朝我猛扑过来时俯身躲避。之后我浮出水面，听到另一种可怕怪异却又异常熟悉的声音。我停下来，向四周看去。

那声音来自苏菲，她声嘶力竭地朝我大喊，想让我回到岸上去。我清楚地记得自己当时意识到她离我比我预想的要远。我转头看向我要施救的那人，发现我们之间的距离被大大拉远了，尽管我一直在奋力朝他游去，而他也没有朝任何方向游。我突然明白我们两人都被困在了离岸流里。我强力保持镇定，转身奋力并尽快地朝海岸游去。此时这种情境下的心理就相当怪诞了。我大脑里有个理性的声音冷静地告诉我：“不要直直地朝岸游，你现在被困在离岸流里，那样做你没法挺过去的，你要顺着海岸游，摆脱离岸流后再朝岸游去。”但脑中那个情绪化的声音又在尖叫：“你要溺死了！看看，前面就是漂亮结实的海滩，朝那里游啊你个傻瓜！”

很显然我活下来了，可能你在期待我讲述我大脑里冷静的理性声音是如何胜出的。但实际并不是这样，我没有必要在这个小故事里撒

谎。事实是我脑中这两种声音的对峙一直在持续，随后便是一种超乎现实的妥协。我真的无法做到顺着海岸游，虽然脑中残存的少量理性在告诉我我应该那么做。我只是太恐惧了，太想回到陆地上去。

但同时我也感到直朝海滩游去效果明显适得其反，并且非常耗费体力，因而更加危险。于是我转身斜斜地朝海岸游去。我跌跌撞撞地走出浅浪区，浑身无力，重重瘫倒在苏菲身边的沙滩上，此处离我入海的地方已经相当远了。在接下来的几分钟里，她一边庆幸于我的得救，一边严厉斥责着我那令人难以置信的愚蠢，但最终她妥协了。

过了几分钟，一位当地人走过来，在我身边蹲下。我当时还平躺在沙滩上。他用一种诡秘的声调小声说："多谢尝试，但别再那么做了。你会淹死的。每年的这个时候都会有人遭遇不幸。"他朝海面望去。

"那人获救了吗？"我问。

"我看到一群冲浪者往他的方向去了，所以……可能吧。"

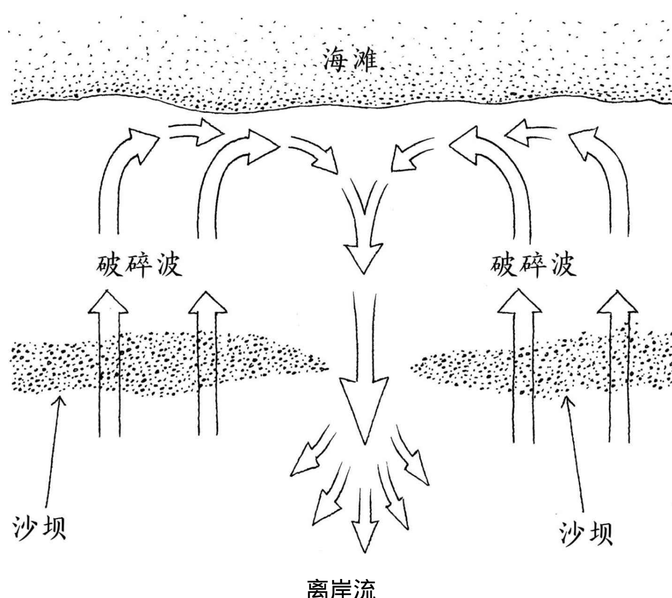
虽然这么问了，但我从不知道那人到底怎样了。

离岸流让人闻之色变，人们对它们也有颇多误解。它们常被称为"离岸潮"（rip tides），但它们并不是潮汐现象——这便是它们让人困惑的开端。其背后的原理其实很简单，当海滩上的大片水面在重力作用下被拉回海里，却只有一个狭窄的通道能让它们通过时，就会形成离岸流。水一旦穿过狭窄的缺口，速度便会激增——就像你把大拇指放在水龙头或水管末端时所发生的那样——于是就形成了一股流向海里的高速水流。它们的流速高达每秒2米，任何游泳者都无法企及。

这些狭窄通道中有一部分是固有的，比如礁石之间的缝隙，这种情况下形成的离岸流至少会被当地人所熟知。但有一些是暂时的，比如回流的海水冲过沙洲间新形成的通道，此时形成的离岸流就令人难以预料。讽刺的是，由于离岸流能平缓波浪，它们会吸引游泳者们前往——他们误以为自己进入的是波浪起伏的大海上一片温和且相对平静的水面。

从岸上是很难发现离岸流的，在水里则更难发现。唯一的通用法则是，动态异常的水看起来也会与众不同。对于离岸流来说，要注意那些比它两边的水都更加动荡或平静（这将取决于风从哪个方向吹过来）的细流，或者上面覆有更多泡沫的朝海流去的水流，又或者波浪

形态总是受到干扰的某一道水流，以及其他任何垂直于海岸的异常水流。大部分沙滩游客都无法发现其中的任何一种，但是读水者却可以努力做到更好。无论如何，不要效仿我在巴厘岛的那次糟糕经历。我既没有发现离岸流，还跳进去往海里游。



离岸流

我们很容易认为海滩的每一个组成要素都是一成不变的，但事实上整个海滩都一直处于变迁之中。沙坝、浅槽、滩面和滩肩每一年都在被重塑、完全摧毁并再次创造。每一片海滩还会经历季节性变迁，在冬天，滩肩容易变高变薄，而沙坝也会明显增大，这是因为冬天的波浪更为有力，它们将滩肩处的沙子往下推移，从而筑成了更大的沙坝。

我订阅了一份叫作《航海通告》的电子时事简报，它会为我提供本地的海事新闻。去年圣诞节我收到了一则对于一年的这个时候来说非常典型的新闻，虽然可能有些不合节日气氛：

> 航海者须知：2014年12月15日对奇切斯特沙洲所进行的一次水深测量发现，在奇切斯特沙洲灯塔的北部，靠近海峡西部边缘有一块水域的水深低于海图基准面[80]0.9米。最大水深位于奇切斯特沙洲灯塔和以斯托克浮标之间航线的东侧，那里最小水深为低于海图基准面1.3米。

换句话说，沙坝不仅转移了地方，体积也有所增长，这属于它的

季节性变迁。巨大的风浪会对地景做更大的改造，不仅重组滩肩和沙坝，还会重整整个海滩。奥克尼群岛[81]就常常遭遇狂风，但在1850年的冬天，一场异常猛烈的风暴袭击了其中最大的岛屿，与之相伴的还有千尺高浪。一切平静下来后，岛民们意外地在那时还叫斯凯拉布拉的地区的沙丘之中发现了一些石头建筑的轮廓。如今它被联合国教科文组织列为世界遗产——斯卡拉布雷新石器时代遗迹，它是新石器时代的一处聚居区，让我们得以洞察五千年前的人类生活。

在河水汇聚至海洋的河口区会形成巨大的沙坝。如果不做疏浚，这些沙坝会阻挡河水入海，使得河水朝两侧90度“反冲”。

底流的艺术

该是进一步观察和探索我最喜爱的沙滩现象的时候了。站在海滩上，最让人熟悉的感受便是海浪一波波冲刷你的双腿，之后随着水流往海里倒流，很快又有一些轻柔的海沫绕着你的脚踝，挠着你的双脚。波浪破碎后冲上海滩的海水被称为“冲流”（swash），而退回去的海水是“回流”（backwash），此时回流就成为“底流”（undertow）。底流是在不断涌来的波浪之下滑行的平坦水层。它出人意料地有力，会使双脚奇痒难耐，但它绝不是也永远不会是离岸流。

这便是人们最为常见的误解之一，一旦有人感到脚踝受到一阵猛拽，就忍不住开始嚷嚷着说是离岸流，但这两种现象毫不相干。底流的力量有时相当强大，但它的位置很低，一旦遇到涌来的波浪便立刻消退。离岸流能把你带到几百米之外的海面，但底流对于任何能够独自行走或游泳的人都很少构成威胁。

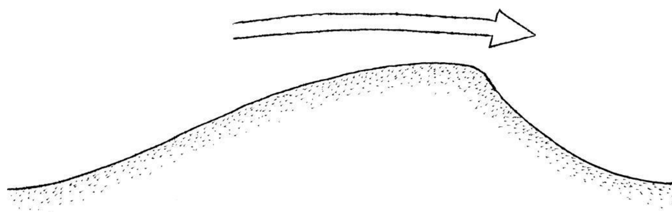
底流或许并不危险，但它却别具魅力且富有创造性。每次海水流上沙滩，便会改变沙滩的形状，因此我们可以寻找沙滩上的图案，借此了解海水的动态变化。低潮时期，不妨走近海水，观察一下海滩。我们应该会在沙滩上看到一些沙纹，很多都与海滩以及几小时前在此破碎的波浪纹平行。但如果仔细观察浅槽区，或许你会发现一些与这种简单图案并不相同的沙纹。

如果沿浅槽有一股水流——就是我们在游泳时所对抗的那一股——那么它在沙纹的排列中便能有所显现。在浅槽区，沙滩首先会被波浪塑形，形成一些与海岸平行的沙纹，但同时它还会受到浅槽内沿海岸流动的水流的影响，从而形成与海滩垂直的沙纹。假如两种沙纹同时形成，就会在沙滩上形成“梯背”沙纹，这是一种垂直交叉的纹

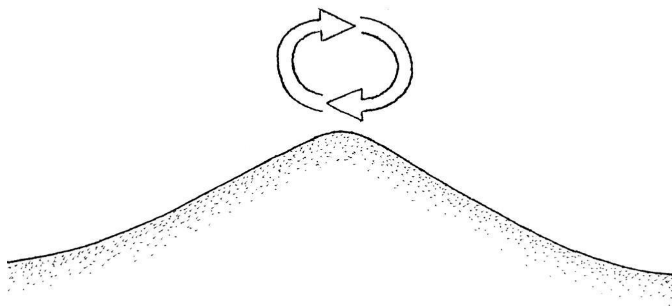
路。由于浅槽内的水流要比浅槽上方的波浪更加狭窄，因此水流制造出的沙纹也较为狭窄。

请记住，所有因液体流过而形成的沉积物纹路都遵循着一个简单的规律——流动物来时的那一面坡度较缓，而流向的那一面却较陡峭。就像沙漠中因风形成的沙丘以及山峰上的雪纹，海滩上的沙纹也是一样——它们的形状提示了事物在其上面流过的方向。（看看海滩高处的沙丘，在那儿你也能看到一些风吹拂留下的沙纹；抚摸这些细小沙纹的两侧，便能感觉到其中一侧要比另一侧柔软——较为柔软的这一侧便是下风侧。若你知道风的来向，那么这些沙纹便能起到罗盘的作用。这是图阿雷格人[82]在撒哈拉沙漠中所使用的技巧，但它同样适用于任何海滩。）

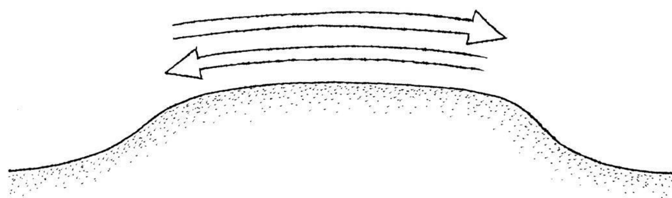
如果朝某一方向流动的水制造出的沙纹在它流向的那一侧较为陡峭，那么我们可以推想，假如沙纹的两侧同样陡峭，那这一定说明了另外一种情况。这些两侧对称的沙纹是水在沙滩上来回振荡流动的结果，在波浪的破碎区附近极其常见。然而，假如水不是在来回流动，而是朝某一方向流动一段时间后再朝相反方向流动，那么其制造出的沙纹顶端会明显平坦，这是因为正常的滩脊在初次形成后被削平，随着水流退回又推动沙子将其抚平。这种现象在潮差较大的区域极为普遍。



海水自左向右流动。



海水来回振荡，可能在破碎波下面形成。



海水随潮汐沿某一方向流动，随后又转为相反方向。

假如波浪同时从两个方向涌来，比如在天气变化、风向改变时所发生的那样，便会形成一种不同的图案，即“干涉沙纹”。又假如水在流动的过程中突然停下，就会使得沙纹之间的凹陷处覆盖一层薄薄的沉积物。如果这层沉积物并不是沙子，那可能是自入海口被带来的淤泥，由此便会制造出一种彩色沙纹效应，名为“压扁型沙纹”（flaser ripples）。你所见到的每组复杂沙纹图案背后都反映了水的变化，不要担心自己的鉴别能力，试着只是享受观察它们，看自己能不能做出一两个推断。

波浪在破碎之后冲上海滩成为冲流，这道起沫的细流在慢慢停下的过程中会逐渐消耗能量，此时被水流冲起的沙子则会掉落在远处。这些沙子会与下面沙滩上的沙子有些许不同，因而成为对冲流最高点的一个可见记录。这些在任何有波浪拍打的沙滩上都能见到的曲线被称为“冲痕”（swash marks）。

冲流在到达最高点后，会有一些海水渗入沙子，另外一些则成为回流退回海里。回流会创造出它独有的沙纹图案，与冲痕颇为不同，通常它更像是15厘米长的狭长菱形，沿着水流的方向延伸。

如果正是涨潮时分，冲流会尤其强大，强大到能够向上冲至干沙区。发生这种情况时，会有一些海水渗入干沙，迫使沙粒间隙内的空气往上跑。这些逸出的空气会从沙子表面爆破，在沙滩上留下很多洞，这些洞被称为“针孔”（pin holes）。倘若空气在逸出时不够顺利，它会在表面的湿沙层下形成气泡，迫使它们向上膨胀，从而形成很多小的穹丘，把手指放在上面便会崩塌。没有穹丘的针孔很常见，但如果你见到穹丘，那里很可能也会有针孔。

涨潮时渗入沙子的海水会在退潮时重新渗出。这些海水从滩面上渗出并向下流动，从而形成另一种叫“流痕”（rill marks）的沙纹图案。这些流痕有一些特定的指示性特征，首先它们向四周扩散，开始是一股总流，最后却分裂为很多更加细小细微的水流。这使得它们看起来像树一样生出枝节，或者在我看来更像树根。

偶尔你可能会遇到一种更大一些的海滩现象，即“滩角”（beachcusps）。它是新月形的沉积物线，宽度从几米到50米之间不等。这些新月形沉积物合在一起形成一系列滩角，彼此之间在钩尖处相连。粗粝的沉积物会在钩尖处沉积，而细小的粒子会进入湾区。科学家们对于它的成因还没有达成一致意见，这对于读水者来说既是好事，也让人困惑。滩角的跨距由波高决定，越大的波浪造成的滩角也越宽。

潮汐带内孤零零的岩石四周的沙子值得我们细细观察，利用此处的沙纹有可能推测出海水的流动状况。我曾见过极妙的反射、折射、绕射沙纹，图案很像岛屿周围的深海区所形成的水纹（见前文）。在康沃尔的一个以其与大海关系亲密而闻名的郡，甚至有一个古老的词用来专门称谓岩石庇护区（那里不受潮水和波浪的影响）内的平静水面，这个词就是“spannel”。潮水退去之后，这些地方下面的沙子看起来与岩石其他侧的沙子很不一样。尽管海水早已退去，你还是能感受到这片平滑沙子上曾经的平静。

寻找大部分这些微小海滩现象的最佳时间是清晨，此时潮水回落，水位较低。你见到的沙滩很可能专属于你，因为先前的高潮已将前一天的脚印和痕迹抚平。

漂 移

在低潮时分观察海滩，注意回流并不是冲流直接反转而成。波浪拍击海岸的方向会受到很多因素的影响，其中包括在前文里讲到的折射波的偏移，但通常起决定性作用的因素是风。回流受这些因素影响的方式并不都是一样：它的形成过程相当简单，不过是在重力的作用下被直直拉下海滩。这意味着，依据盛行风方向与海滩之间的关系，你可能会见到冲流将沙子或碎石朝某个方向推移，而回流却并没有再将它们往相反方向拉回。随着时间的推移，这个过程将海滩上的物质持续不断地朝盛行风的方向推，从而形成了“沿岸泥沙流”（longshore drift）——这个现象很受学校地理老师的喜爱，它和牛轭湖一道成为老师们最爱的地理现象。

这种沉积物的输送对于那些认为海滩总是一成不变的人是个问题，对于维护海滩的海岸工程师们来说也是个麻烦。海滩的轮廓有一个奇特的真理：在物理学意义上，它们演化出了能够抵御大海冲击的近乎完美的形状。这意味着几乎所有想要对抗自然行为的“方案”在起作用的同时，也会产生相反的效果。丁坝是一个很好的例子。向海里延伸的丁坝是为了阻挡海滩朝某一方向缓慢移动而设计的。然而你见到的丁坝从来不会只有一座，因为单单一座丁坝会阻碍海滩往前重建，从而加重了问题，需要另外一座来弥补上一座引发的新问题。从好的方面来看，至少你可以通过观察丁坝哪一侧的沙子或碎石在堆高，来立刻指出此片海滩上的泥沙流方向。

冲流将沙子朝某一方向推送，回流又将其拽回，二者共同作用并不会使所有的沙子或碎石全部一同移动，而是将其分层。较重的粗砾要比较轻的沙粒在水中沉淀得更快，所以它们一般不会远距离移动，这使得海滩上的沙子出现分层。一个简单的经验是，沙子的颜色越深，它就可能越重，因为深色沙子通常由较重的矿物组成，而颜色较浅的沙子所含的矿物也较轻。因此，通常来说，海滩的颜色沿泥沙流的方向会轻微变浅。

在有多片不同朝向的海滩处，比如群岛周围，这种分层效应会更加显著。锡利群岛[83]因其白色沙滩及与之相伴的“热带”浅蓝水面而闻名。然而，站立的位置不同，脚下的沙子带来的感受也会不同。在群岛西部，比如圣艾格尼丝岛这样的地方，沙滩上的沙砾较粗，行走

在上面会发出吱嘎声；在更东部，特雷斯科岛的沙子是粉状的，而布赖尔岛的沙子更加透明。

研究表明，世界上的每一片沙滩都是独一无二的，这在某种程度上或许可以解释为何集沙爱好者们会有一个专有称谓——沙子收集者（arenophiles），即那些被沙子的无穷种类迷住的人。（如果你也有沙子收藏癖好，可能会想要加入国际沙子收集者协会，它们的口号是“一粒一沙，探索世界”。）随手抓起两把沙子，它们绝不可能有着完全相同的矿物及贝壳组成，海水昼夜不歇地将这些混合物进行分层，直到形成各式各样的图案——波浪由此为我们绘制出沙子地图。

在有些海滩上，靠近海水的地方是碎石滩，之后才是狭长的沙带，这是最为简单的一种分层类型。这些海滩在低潮时会更有海滩的感觉，因为那里有足够的沙子可以让人躺在上面。碎石滩的位置比沙子更高，因为涌来的波浪要比回流更加有力。它们把更大更重的石块推上海滩，石块沉积下来，而较轻的沙子却被再次带回海里。

海水对沙子的筛选方式正如矿工们的淘金方法，持续不断的旋转使得最重的粒子——比如黄金——沉到底部，而较轻的粒子则被带走。所以经验丰富的海滩寻宝者会在早晨和傍晚巡查低处的海滩，寻找那些沙子回降至早先波浪破碎的地方，因为这里是沙子最为垂直的运动区，也是黄金之类沉重的物质沉积的地方。

风也在移动沙子，较轻较小的沙子同样被带至较远处。在风会逐渐减速的区域，比如障碍物的背风区，颜色最深最重的沙粒会自风中落下，因此在这些地方你会看到深色的沙子汇集在一起。

碎石和沙子的行为相似又有所不同——与较小的石子相比，较大的石子会汇聚冲力，从而向前行进得更远，这使得海滩上泥沙流指向的那一端的石子更大。这种分层方式十分有效，它使得石子的大小形成了一种地图，狭长石带一端的石子只有指甲盖大小，而另一端的石子却比手掌还大。传说切希尔海滩[84]的渔民们通过查看卵石的大小便能推算出自己的位置，卵石很小就是在西端，很大便是在东端。波浪撞击在不同性质的海岸上会发出不同的声音。我读过康沃尔渔民的一些故事，他们通过聆听“海岸的歌声”，便能够在大雾中判断出自己的位置。

植物与动物

你认为人类测试过的最为强韧的生物材料是什么？或许是蜘蛛吐

的丝？

“人们一直致力于寻找下一种最强材料，然而蛛丝在这些年里一直无法被超越，”阿萨·巴伯教授告诉BBC，“所以现在我们很高兴帽贝牙齿超越了蛛丝。”

帽贝的牙齿非常结实，由它制成的一段管子可以提起一辆大众高尔夫车。帽贝的大本营位于海边的岩石上，涨潮时分它们会离开岩石去寻找藻类，而在落潮时又回到岩石上。然而它们的习性有些复杂，不只依赖潮水，还因光照的不同而改变行为。这些大本营在帽贝离开后看起来像是岩石的“伤疤”。大部分沿海生物的习性和生活节奏都与潮水的涨落密切相关。蛎鹬、海鸥、杓鹬、乌鸦都知道在潮落时分沿海滩搜罗，那时的沙滩上会有丰富的新鲜食物。

动物还能为我们提示发生过的事件，不管是新近发生的还是历史事件。你一定在海滩上见过蛾螺壳，这种成块的发白卵形壳像是气泡膜和海绵的混合物，水手们也的确曾用它们来清洁，因此它被戏称为“海用清洁球”。如果壳体发灰，那么蛾螺就是已经孵化出来了，但如果发黄，里面就可能还有蛾螺。蛾螺会食用同类，首先孵化的蛾螺会欣欣然地食用它们尚未孵化的同类。这些蛾螺壳通常出现在1月的繁育期，而在风暴掠过后不久会更加常见。

大量的海胆、角鲨和鳐鱼被冲上海岸线的某一区域，这通常说明了两件事。首先也是最明显的是，出现了恶劣天气。然而，这些动物汇集在同一片海滩上也可能是因为离岸不远处发生了海难。船只的残骸是这些以及其他生物异常丰富的繁育基地。

玉黍螺，即那些出现在海滩上的像蜗牛一样的小生物，有规律地散布在海滩上：光滑的玉黍螺常常出现在海滩低处的海水里或靠近海水的地方，而可食用的玉黍螺则栖息于海滩更高处，因为它们只需偶尔被海水浸湿。此外位于海滩顶部的玉黍螺较为粗糙，它们在没有水的情况下能够长期存活。

同样地，朝大海每走近一步，在岩池里发现的生物都会有所不同。这是因为岩池的位置高度不仅决定了它完全浸入海水的时间长短，也决定了因蒸发形成的海盐的浓度。在夏季炎热的天气里，最高处岩池的盐度能够杀死较低岩池里的生物。常见的普通滨蟹（最有可能见到的蟹类）可以通过改变自身的盐分平衡来应对这个问题。

海藻同样能够标记海滩。槽形、囊状及锯形（或者说有锯齿状边缘的）海藻善于替人着想，因为它们的名字便暗示了其外貌特征。槽

形海藻上的确有槽，囊状海藻也的确有囊，而锯形海藻确实有锯齿。海岸上最为常见的是囊状海藻，但这三种都不罕见，且都演化出了专门适于生长在海岸某一区域的特性。槽形海藻生长在海滩最高处，接下来是囊状海藻，最低处是锯形海藻。你只需要记住“在海滩上寻找海藻”这句话，也就记住了槽形、囊状和锯形这三种海藻。[85]

有一种褐色的海藻名叫海带，它能长到5米长，生长于浅水区和潮间带的岩石上。它还被人称为“穷人的晴雨表”，因为当它被悬挂晾干的时候可以用来测量空气湿度。

红藻没有叶绿素，因而并不依赖阳光，这使得它们能够在深水中生长，但它们却常常被海浪冲到低潮线附近。最常见的一种是掌形藻，几个世纪以来，苏格兰西部和爱尔兰的部分地区都以此为食。

在岩石遍布的海岸，你还能看到色彩带这样与众不同的生态环境，其中每一种颜色都是一种不同的地衣。海岸最低处的那些岩石会在涨潮时分浸入海水，在那儿，你能够找到一种像焦油一样的黑色地衣，名叫瓶口衣（*Verrucaria*）。每当发生漏油事件，很多为此担忧的人都声称自己在岩石上发现了石油——幸运的是，大多数情况下，他们发现的不过是坚硬的黑色瓶口衣。

在这条黑色色带之上是橙色的地衣，即石黄衣属（*Xanthoria*）和橙衣属（*Caloplaca*）。再往高处，地衣变为灰色；那些有壳的是茶渍属（*Lecanora*），而叶状的是树花属（*Ramalina*）和梅衣属（*Parmelia*）。最简单的记忆方法是记住“你走出海水，踏入沼泽”，也就是：黑色、橙色和灰色。[86]光照越多，地衣就越多，因此这种效应在朝南的多石海岸上更为显著。

“滨线”（strandline）指的是死去的动植物和漂流物混合在一起形成的杂物线，它构成了海水上涨至海滩的高位线。假如把海水运动的过程想象成宽大的拖把拖厨房的地板，那么滨线就是位于拖把前侧边缘的碎屑物和灰尘组成的弧线。滨线通常呈一系列曲线状，因为它是很多有力的冲痕留下的。

滨线不是一个适合铺海滩浴巾的地方，因为那里浓稠的腐烂物质会散发出强烈的气味，在上面大摆宴席的小生物也常常引人尖叫，但它们仍旧值得研究。仔细观察，你很可能会看到沙蚤，它在受到干扰时会跳跃，因而也被称为“海滩跳蚤”。沙蚤喜欢湿润的环境，在白天它们会往沙子深处钻去，直到到达含水量为2%的沙层，而在日落之后又回到沙滩表面。研究发现，沙蚤是专业的自然导航器，它们不仅会利用地标，还会参考太阳和月亮。

在其他漂浮物中，你还会看到一些浮木，通过查看它们被磨平的方式，以及栖息在其中的虫子或藤壶数量，可以大致估算出它们在海上的漂浮时间。（在我写作本书期间，刚刚发生了一件离奇的巧合事件。不久前，这种依据漂浮物上的藤壶数量推算其漂浮时间的方式经由电视和报纸在世界范围内大幅度报道，与此同时被认为是马来西亚航空公司MH370航班的第一片残骸也刚刚被冲上留尼汪岛不久。专家们提出，被发现的这部分机翼，即“襟副翼”，上面的藤壶数量及种类表明这片残骸已经在海上漂浮了一年多，时间足以与飞机失事时间吻合。）

在太平洋，戴维·刘易斯学到了一些绝妙的通过观察动物行为以掌握天气的知识，那里的岛民们会运用这些知识来帮助计划起航时间。吉尔伯特群岛中的尼库瑙岛上的一位航海家详细地解释了如何利用螃蟹的行为来预测天气。螃蟹如果堵上自己的洞穴入口，并将沙子抓落，平坦地铺在洞口处，制造出像是太阳光线的标记，那就意味着风雨会在两天内来临。但如果螃蟹只是将沙子堆成堆，并没有盖上自己的洞穴，那么就会起风但不会降雨。而如果它堵上洞口，却没有摊平沙堆或者留下抓痕，那么就会降水，而不会起风。只有在螃蟹既没有动沙堆也没有动自己的洞穴时，天气才会晴好。

海滩上的蚂蚁用自己对待食物的方式来为岛民们预测天气。如果食物被留在露天场地便预示着好天气，而被藏在洞穴或任何遮蔽处则意味着在接下来的几天里会有恶劣天气。蜘蛛选择织网的地方以及珊瑚礁上海星的行为也是提示天气的线索。甚至珊瑚礁自身也能预示天气变化，在天气转晴之前，它们会喷射出清澈的液体，而在波浪要变大时会喷射出深色或乳白色的液体。

游完泳，我们在试图晾干自己却失败后，便会离开海滩，这是因为存在一种叫“吸湿性”（hygroscopy）的现象。你是否曾注意到，在海里畅游之后便再也没有身上完全干燥的感觉了？总是有一种潮潮的、黏黏的感觉，尽管已经过了很久，太阳应该把你晒干了。吸湿性指的是特定物质吸取水分的方式。盐便是一种吸湿性物质，所以储藏在地窖里的盐上才会盖有一层谷粒以防止它吸取水分。同样这也解释了为何在海里游过泳后身上会发潮很长一段时间——没等我们被太阳晒干，我们身上的盐分便开始从空气中吸取水分而附着在皮肤上。这个海滩现象值得我们深思，除此之外，还有一个现象广为人知但缺乏科学趣味——我们的野餐三明治中总是会掺上沙子。

第十六章 水流与潮汐

2010年9月19日中午，一小群观众汇集在泰晤士河的三浮标码头，聆听一只钟的第一次鸣响。这只被全新打造出来的钟名为“时间与潮汐之钟”，设计初衷是能让它在高潮时分河水冲刷钟座底部时鸣响。但在那天它让人们失望了，钟默然无声，河水并未触碰到它。

“今日事件的复杂之处在于气压很高……此前我从不知道……高气压会如此影响潮位……”钟的铸造者马尔库斯·韦格特这样告诉困惑不解的观众，“此刻它应该正在鸣响才对。”

如果长时间地望着海堤，便能注意到海水流过堤面以及海平面的变化。大多数人很快便能想到这两种效应一定是水流和潮汐作用的结果。然而，“水流与潮汐”（一currents and tides）这短语却带有戏谑性，很多人使用这个短语只是为了掩饰一种普遍的无知。

水流指的是沿水平方向流动的水，而潮汐指的是水位的周期性变化，后者受天文力量（比如月亮）驱动。记清这两个基本定义，因为它们能让你摆脱混乱。

水流和潮汐的一般定义很容易理解，但想要弄清楚一片水面到底是如何受到它们的影响就是一个全新的挑战了。这个挑战对于读水者来说无可避免，在这一章里，我们将从基本知识开始，一步步讲到虽不至于是高深莫测但在地球上很少有人曾试图达到的水平。为了说明这一点，你可以和一位水手做个小游戏。只需向他们做如下提问，然后在他们转身跑开并跃入海里之前，看看他们的面部表情如何扭曲，回答又是如何含混不清：

> 如果月亮24小时之内只绕地球一圈，为什么每天会有两次高潮和两次低潮？
>
> 为什么每天第二次高潮的高度有时会和第一次明显不同？

洋流

1990年5月，一场风暴将一艘货轮上的集装箱冲进海里，导致

61820双耐克运动鞋的损失。在接下来的几个月里，这些鞋子开始陆续出现在海滩上，为海洋学家们提供了一次绝佳而少有的了解它们旅程路线的机会。几年之后，28800只橡皮鸭（呃，橡皮鸭和浮动玩具这类东西）被冲下船，开始了它们的探寻自由之旅。由于厌倦了海上生活，这些橡皮鸭在泄漏事件发生十个月后开始在海滩上安营扎寨。从夏威夷到冰岛一路都能见到它们的踪影，有一只被发现于十一年后到达了苏格兰。幸好有这些运动鞋和玩具，与几十年前相比，我们对洋流的了解更加深入了。

一旦出现不平衡，洋流便在水里形成。太阳加热海水会引发温度和盐度这两种不平衡，从而导致某些水域的海水密度大于其他水域。地中海便是说明此种效应的最好例子。太阳照射在这片独立的海面上，使得水体变暖及蒸发的速度都高于大西洋，地中海的海平面因此下降，同时它的海水盐度和密度也超过大西洋。由此形成两股洋流，一股靠近水面，使大西洋的海水穿过直布罗陀海峡“重填”地中海，另一股更深的洋流则将拥有较大密度和盐度的海水带至大西洋。这些洋流被称为热盐流（thermohaline currents），形成过程类似于太阳加热大气层后改变气温和气压，从而生成风。

大洋流并不常见，但基本原理仍然重要：温度、盐度或密度的任何变化都会影响洋流的动态。最有可能见到这种现象的地方是海边，特别是河水与海水的交汇处。如果你能发现标记这两种不同类型水体界线的色彩变化，仔细观察，或许你还能发现洋流的行为异常之处。

洋流的主要引发因素是风，这也是我们最有可能了解其行为的一个因素。我们已经了解过风是如何引发波浪的，但它同样会引发洋流。往你的茶杯里吹口气，在涟漪消失后的很长时间里，茶水仍旧在运动。往茶里加入牛奶，在还未搅动之前这样做，便最容易观察到茶水的运动。这些“牛奶云”会帮助你发现水流的旋转运动。

表面的水被风吹动，但由于水分子的“黏性”（本书开头部分已经提到），表面的水便开始拉着自己的同类一起运动。因此并不只有表面的那层水在运动，更深处的水层，深至海下大约100米的地方都会被带动。风吹拂的时间越久，风力越强，水体越浅，水温越高，那么形成的水流便会越快。在辽阔的深水海域之上，被风驱动的洋流通常勉强能够超过风速的2%，但在温暖的浅水里，效果会格外显著。风速为10节的风吹向只有1米深的暖水，会引发速度为1节的水流，这是风速的10%。由于大部分洋流都位于深水区，洋流的全球平均速度只有差不多半节。不管由风引发的水流在哪里，它一定在水面附近处最为强大，而随着水深的增加逐渐减弱。

查看洋流示意图，你会注意到它们的运动轨迹几乎总是呈曲线状，在北半球会顺时针运动，而在南半球逆时针运动。这是因为，任何东西在旋转的球体（本例中即地球）上长距离运动都会出现方向偏离，这被称为科里奥利效应（Coriolis Effect）。对于远距离运动的洋流来说，这意味着沿盛行风方向45度偏离。

现在我们来了解一个航海上的小习惯，不清楚这一点可能会让你出丑。我们一般默认风向是风吹来的方向，但在描述水流的方向时，一般指的是它流向的方向。因此西风引发的是东流。

在解读水流时，读水者会面临一个很大的挑战：通常水流几乎是不可见的。除非你很走运，看到洋流将一种形态迥异的水带至新的地方，比如尼罗河河口的淤泥被冲入地中海，或是引人注目的深蓝色黑潮和墨西哥湾流，否则水流很难被察觉到。虽然很难，也不是没有可能。只要水在流动，总有办法发现它。只是对于水流来说，想要发现它需要高超的技巧。例如，让我们想象两种相似却不同的景象。一股水流带动水以2节的速度在无风天里向前行进。在这种情况下，水面上所产生的效应同2节的微风吹向静止的水面所产生的效应一样，都会生成细小的涟漪，而任何在无风时形成的涟漪必定意味着水在流动。

现在想象有一阵风速为2节的微风吹向海洋，在海面上制造出一些涟漪。假如有一股细流沿着风向向前流动，那么便会形成一股平静的水流，上面不起任何涟漪，因为没有明显的风吹过那片水——它的流速与风速一致。毫无疑问，想要发现这种情况必得目光锐利，然而每次我们望向海面时，这种情况都会出现。

水流会略微影响所有形成波浪的波长和波高。与波浪传播方向相同的水流会拉伸波浪，将它们轻微抚平，而与波向相反的水流则会将波浪略略挤在一起，压缩波长，增大波高。强风遇到迎面而来的强大水流会造成异常危险的动荡海面，但大部分时候都影响甚微。

奈诺亚·汤普森是来自夏威夷的当代航海家，同时也是波利尼西亚航海协会的成员之一，他声称自己在辽阔的大洋上航行时注意到水面发生了异常。他不得不依赖自己以往的经验来判断起因是风的变化，还是洋流逆风而行，风力有效地对抗着洋流，从而造成比较动荡的海面。专业的赛船手会巡视水面，确定自己能否由波浪的形状判断出最强和最弱的水流在哪些地方，从而在制定比赛策略时将其纳入考虑范围。

河面其实是训练寻找此种效应的一个最佳场所。找一个河水快速

流向某一方向而风往相反方向吹去的日子，仔细地观察河面的涟漪形状。你会注意到它们有自己的特点，我认为是有一些“参差不齐”和粗糙。一旦你了解了这种现象，无须感受或考虑风的存在就能将其识别出来。能够发现并快速鉴别出风在逆着水流的形状吹向水面是一件很有成就感的事。

洋流能够带动任何漂在水面上的事物做长途旅行，比如运动鞋和橡皮鸭。但它们并不是以相同的方式带动所有东西。荷兰的海洋学家们发现，渔民们在北海丢失的防水长筒靴并没有踏上同样的旅程。洋流带动左脚的靴子往东漂流，将它们冲上荷兰的海岸，但右脚的靴子却被带到西边的苏格兰。漂浮物的形状决定了它们被带动的方式，从而也决定了它们的去向。

在世界的另一端，位于夏威夷的卡乌沿岸，对于在海上丧失亲人的人来说，曾有一个奇怪且骇人的传统。当地人会根据溺亡之人的社会地位分别搜查两片不同的海滩。这倒不是什么宗教或者迷信行为，而是因为富人和穷人的确会被冲上不同的海滩。在被称为*Ka-Milo-Pae-Ali'i*（翻译过来就是“蜿蜒的海水将皇族冲上海岸”）的海滩上发现的尸体常常来自上层社会，而更远的一处叫*Ka-Milo-Pae-Kanaka*（“蜿蜒的海水将普通人冲上海岸”）的海滩则是常常出现普通人的安息地。洋流能够将肥胖的富人尸体与瘦弱的穷人尸体区分开来。

潮流

詹姆斯·莱特希尔爵士是一位显著提升了我们对某一领域认识的杰出数学家。他的研究领域是流体动力学，对波浪在泥石流和流通堵塞等各种情况下的形态解读做出了开拓性贡献。但莱特希尔对于液体流动方式的兴趣并不局限于干巴巴的学术研究。他研究了海峡群岛周围急速流动的水流的形态，又将自己的观察结果付诸检验。1973年，他成为首批成功环萨克岛游了18英里的人。出人意料的是，这项挑战任务的艰巨之处不在于游泳距离的长短，而更多地在于能否成功预测水流方向——此处水流速度太快，对所有逆流而上的游泳者来说，不管何时都很难顺利前进。此后詹姆斯爵士多次成功完成萨克岛环行，但在进行第六次尝试时他的心脏罢了工，在1998年7月死于与潮流的搏斗中，享年74岁。

“潮流”（tidal currents）[87]这一术语到底指的是什么？回想本章开头的两项定义，将它们合在一起便能获得答案。“tidal”是“tides”（潮汐）的形容词，因此“潮流”便是指由潮汐造

成的水位变化引发的水平水流。

假如某处的水位高于另一处，重力便会驱使水朝较低的那一处流动。由于潮汐使得海水在某些地方高于其邻近位置，海水便会流向这些较低区域。条件合适时，这些水流会极为强大。英国周围的海域到处都有急速的潮流，有一些极其瞩目，甚至有了自己的名号，比如在苏格兰海域的“梅伊的快乐随从”或者“地狱之口”——我很清楚自己该避开这两股潮流中的哪一个。世界上最强大的潮流位于萨尔特海峡，靠近挪威的博德镇。在那里，百万吨的海水以高达22节的速度冲过海峡。

在任何沿海区域，潮流通常都是最强的水流。与它相比，任何因密度、盐度、温度差异甚至是因风形成的水流都微不足道。沿海的水手们必须对它严加防范，因此任何有关沿海区域的正规地图都应将潮流的信息囊括在内。

潮流对于沿海的航海业非常重要，因而发展出了自己的航海语言集。其中有“强潮流”（tidal races），指的是被迫通过狭窄通道的急速潮流，它会引发汹涌的海面，令人不安。还有“潮闸”（tide gates），那里会为渔船提供通过的机会，但在其他时间由于水流太过凶猛和危险而被完全关闭。我曾从布列塔尼[88]的圣马洛驾船出发（在那里你必须于潮汐的特定阶段起航），穿过到处都是潮汐漩涡的海域，到达泽西岛的圣赫利尔（你只能在潮汐的特定阶段到达那里）。如果想要避免成为潮流的玩物，在这些地方动身之前就需要查阅大量表格，画各种草图，并且耗费无数脑力。

发现潮流最简单的一个间接方法就是查看停泊的船只。船身在水流和风的驱动下绕着自己的锚或系船柱四处摇摆，但在潮汐区这些水流通常强于风，因而船只会像风标一样指向水流。在潮水转向时望向港口，观察船只围绕系船柱缓缓指向相反方向，没有比这更令人愉悦的事了——对于读水者来说，这一刻便如同布谷鸟从钟里出来歌唱的那段时间[89]。

你也可以通过观察缓慢行驶的船只的指向与实际航向之间的差异来发现潮流。假如一艘船以5节的航速穿过一股流速为2节的、垂直于其航向的水流，船身将不得不指向与水流成20度夹角的方向，才能朝目标方向前进（水手在出发之前需要做这些计算，为自己规划“航行路线”）。这在船上甚至更容易看出，但从岸上仍然可以发现。倘若在大风天里看飞机着陆，你会看到同样的效应——假如出现横风，驾驶员直到着陆前最后一刻都必须将飞机指向与跑道不同的方向。

潮流的流速并不均匀，它们并不会以某一特定速度朝一个方向流动，然后再以同样的速度往相反的方向流。事实上，它们几乎一直在不断地加速然后减速。从被称为“憩流”（slack water）的平静状态开始，不管是在高潮还是在低潮时分，水流会一直稳步加速，直到到达高潮和低潮的中间期，此时潮流会达到最高流速，而一旦达到最高速后它便再次开始减速，直到重新成为憩流。简单来说，越是临近高潮或低潮，水流的速度便越慢，而在中间的两个小时里，水速达到最大。通常，大潮期的水流速度是小潮期的差不多2倍（大潮和小潮随后会讲到）。

潮流的转变之快常令很多人难以察觉。其中非常典型也很危险的一种情况便是一群游泳者决定效仿另一群人的游泳路线时，以为水流状况都是一样的。记得有一次在索伦特海峡，一群游泳者很畅快地游过之后，第二群人沿着他们的路线，只晚于他们10分钟出发，却发现自己游得异常艰难。我印象特别深刻，因为我就在那第二群人之中。有一刻我们发现自己完全无法逆着水流向前游，尽管我们的朋友刚刚不费吹灰之力便游了过去。仅仅10分钟，便足以使一片适宜游泳的水面变得危险。

在世界上的某些地方，海洋与那里的生活密不可分，而又因为很少有其他可以依靠的参照物，潮流便成为这些人的朋友。在生活于委内瑞拉的奥里诺科河三角洲的瓦劳人看来，水流是航行的助手，而不是威胁。瓦劳人以是上游还是下游，是朝海的方向还是离海的方向来看待世界，他们将自己对河水流向的敏感度作为重要的定向工具。

在北极，一个叫伊格卢林米特的因纽特族群通过观察*qiqquaq*（一种巨藻）的叶子来判断水流的方向，然后仅仅利用自己对海水特性的了解便能找到航线。他们经验丰富，能够识别出主流和岸边形成的回涡之间的差别，这种逆涡流会将他们带到与自己的航向相反的方向。

潮 汐

海岸边的水有规律地上下涨落，主要由月亮引发——我想这是大众对潮汐的理解的一个合理概括。然而我要更深入地讲讲潮汐（tides），也就是对许多经验丰富的航海者们所了解的潮汐知识做一个概括性解释。许多水手都知道如何相对准确地预测和计算港口的潮高，但很少有人能够学到或者会花时间去了解这些潮高的起因。

自1833年英国海军部制出了第一张潮汐表，海员们从最开始的观

察、思考以及理解潮汐现象，转为依赖这些写着现成测量结果的表格。

任何地方，只要在24小时内，就一定会发生两次高潮和两次低潮，其间高潮和低潮轮流替换。在地球相反的两侧，会同时出现高潮和低潮。潮汐可以被看作是两条环绕地球的超长波浪。这些波浪于波峰间横跨半个地球，波高只有几英尺，以每小时700到800英里的速度传播。然而首先要弄清楚的是，这些波浪是怎么产生的？

月球本质是一大块岩石，它每过24小时50分钟便大致会经过地球上的同一个地点。与地球相比它的体积很小，差不多有太平洋那么大，但因为它距地球太近，所以会对地球产生明显的引力。大部分事物都在地球自身更为强大的引力下牢固地附着在地面上，但大面积的水流动性较强，因而会对月球的引力产生反应。

位于月球正下方的巨大水体会被月球轻轻地拉离地球，这使相应的海面略微隆起。这便是大部分人所理解的高潮。然而，为何地球的相反面也会出现高潮呢？假如高潮因月球吸引水体而形成，那这不是很奇怪吗？答案是，月球不只对水产生引力，也对地球上的所有事物产生引力，包括地球自身以及所有的水体，甚至是地球相反面的水。然而，关键的地方在于，月球离地球太近了，而地球相对于月球又实在太大，这意味着月球对离自己最近的地球面的引力远比对相反面的引力强。月球将近处的海洋强有力地拉向自己，使得海面隆起，形成高潮。它对地球的引力相对略小，因而地球被留在稍远处，而月球对地球另一面的海洋的引力更小，这使得它被留在更远处。正是因为地球相反面的海洋被留在离地球更远处，从而在那里形成了高潮。随着地球绕自己的地轴旋转，这些隆起的海面也围绕地球旋转，最终每24小时就会形成两次高潮和两次低潮。

（严格来讲，月亮并不围绕地球旋转，而是两者在围绕一个距地心4600公里的共同重心彼此做轨道运动。作家詹姆斯·格雷格·麦卡利有一个形象的比喻：想象一个扎着长长马尾辫的女孩在冰面上快速旋转，她伸出的双臂还拿着一桶水。桶内的水被向外拉，并紧紧地依附在桶底——这是一次高潮。而她的马尾辫也会被离心力向外拉伸，于是形成第二次高潮。）

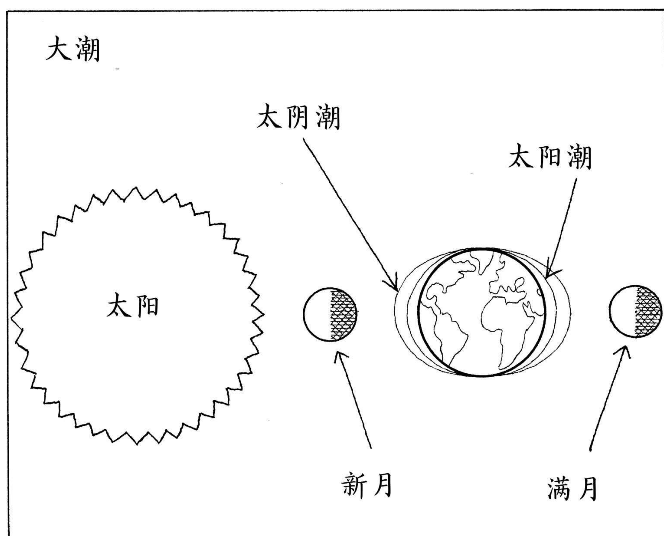
第一次听到这种解释你可能会觉得有些怪，但还是接受它吧，因为很少有人了解这些，你现在进入了一个精挑细选的秘密团体，里面的这一小群人才真正了解潮汐是什么。亚历山大大帝被潮汐弄得晕头转向，甚至伽利略也误解了它们，因此倘若你有时觉得它们太难，就原谅自己吧。

由于月球支配着高潮和低潮，我们理所应当地会认为只要月亮靠近我们上方，就应该出现高潮。在辽阔的洋面上，这基本上没有错，仅仅只有大约3分钟的微小延迟，因为海水并没有受到陆地的阻碍。然而在沿海区域，由于摩擦力的存在，高潮被严重推迟了。实际上，这意味着月亮经过某一地区的最高点和在那里发生高潮之间存在着可靠的联系，但中间的时间差是那个地区所特有的。你要做的就是注意月亮在到达天空最高点后多长时间会出现高潮，这样你便永久掌握了当地的标准。这个时间差可能是几分钟或几小时，但它通常很稳定。

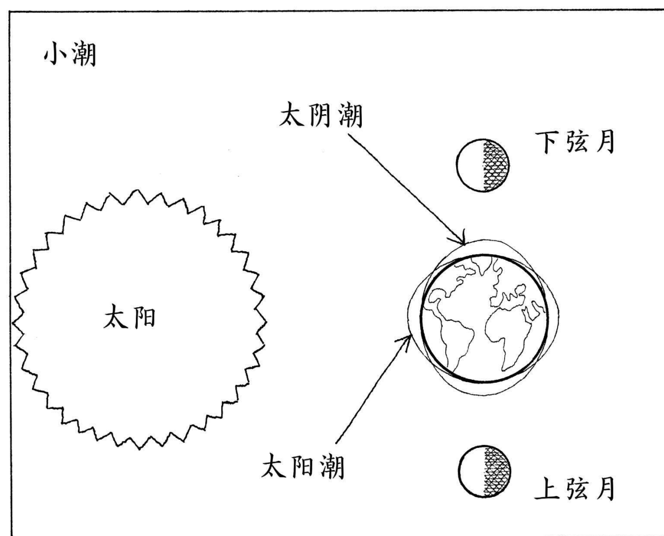
平均来看，每天月亮升起的时间要比前一天晚50分钟，因为它在自西向东缓慢地绕地球旋转，因此略微落后于太阳。换而言之，假如你在看到月亮和太阳经过某座教堂尖顶上空时分别按下计时器，等太阳再次经过同一位置需要24小时，但等月亮再次经过同一尖顶，则平均需要24小时50分钟。月亮的环绕周期是29.5天，也就是它再次回到相对于太阳的同一位置需要经过29.5天。这两个周期决定了两个主要的潮汐节律：高潮通常会比前一天晚50分钟到达，而完整的周期差不多是一个月。（设想太阳和月亮在新月时分开始赛跑或许能帮助理解。太阳总是快于月亮，每24小时就向前多运动12度或1/30个周期，直到一个月后领先月亮一圈，于是循环再次开始。）

了解了月亮的运动以及它一个月的环绕周期，我们便基本掌握了潮汐在一个月内的涨落模式。接下来我们需要了解同一地区的潮高为何在一个月内会有明显的变化。太阳对潮汐周期的影响仅次于月亮。太阳的质量是月亮的2700万倍，因而我们可能认为它的引力要远远超过月亮，但是它距我们太过遥远，与我们之间的距离是月球的400倍，这大大减小了它的引力，只起到较小但不可忽视的作用。

太阳对海洋的引力只有月球的一半。在大洋中心，月亮能将洋面拉起大约30厘米高，而太阳拉起的水面高度只有这个数字的一半，也就是15厘米。假如太阳和月球在同一直线上对地球及其水体共同施力，那么它们的力量联合起来就会使得这两种效果叠加，即洋面上涨45厘米。但如果它们彼此呈垂直方向对地球施力，那么效果便会减弱。每个月，太阳和月亮有两次处于同一直线上，一次在新月时，一次在满月时，此后不久我们便会经历最大高潮和低潮，它们被称为大潮（spring tides）。当太阳和月球没有彼此加强引力时，便会出现最低高潮和最高低潮，也就是最小潮差。这些被称为小潮（neap tides）。



地球、月亮与太阳在一条直线上时形成大潮



形成小潮时的地球、月亮与太阳

我得承认，有好几年的时间我都觉得很难完全理解大潮和小潮背后的逻辑——小潮是在太阳与月亮成90度角时形成的，这让我非常奇怪。在我看来这似乎违反常理，因为我觉得太阳和月亮成对立状态时才应该形成小潮。后来我有了一个发现，才搞清楚这回事，希望它也能帮到你。那就是当太阳与月亮成90度角时，形成的并非是环绕地球

的两次很高和两次很低的潮水，事实上形成的是两次由月亮引发的相当强大的高潮，而高潮之间则是太阳引发的两次很弱的低潮。因为有太多水在环绕地球流动了，而月亮将大部分水拉起，因此太阳引发的高潮最后成为小潮低潮。如果这也无法帮你理解，不要担心，这不过是为一个相当复杂的问题提供了另外一个理解角度。

学习潮汐知识时，我们可以适当放松对自己的要求，因为它是一个复杂的知识领域。在第二次世界大战的太平洋塔拉瓦一役中，美国海军面临着打败顽强的日本防卫部队的艰巨任务，而“海洋横亘在那里”这一事实又让形势更为严峻。美方没有意识到小潮期意味着暗礁之上的海水要比他们预想的低。而当时月亮距地球又很远，这进一步弱化了高潮，从而使战况更为艰险。很多船只都因无法避开暗礁而被迫停下，使得此次进攻暴露在敌方的轰炸之下。这次战争造成了很多不必要的伤亡，那里的暗礁上至今仍残留着成块的金属碎片。

远离战争的迷雾，一个更近的例子是在2015年9月，一艘运输汽车的巨型货轮在南安普敦市附近索伦特海峡内的一处沙洲上搁浅。《卫报》是这样报道随后发生的事情的：

> 最初，在星期三人们计划用人力使船只重新浮起来，因为假如继续留在沙洲上，船恐怕无法再承受更多损伤。因为它只是轻轻地搁浅在了沙洲上，很有可能遭到最近横扫英国的恶劣天气的袭击。
>
> 人们后来放弃了这个计划，因为他们认为没有足够的时间清理掉船上的积水。他们又计划将船只抛锚，等时机合适再让它重新浮起来。但是高潮和狂风使船只自己漂浮起来了。官方称这艘船失去控制时尚未稳定下来，也没有被拖至安全区。

通过这个例子我们可以看出，这些世界顶级的海洋打捞专家利用几个世纪的经验，研究了各种天气数据，又查看了计算机对于潮高的预测，即便这样他们仍旧无法预知潮汐会在何时将船只抬离沙面。

好消息是月亮运动周期的大部分关键时刻都很容易发现。满月意味着离大潮不远了，高潮会很高，而低潮会很低。假如看到半月，不管明亮的是哪一侧，那便离小潮不远，高潮和低潮都不再那么明显。新月时分，太阳和月亮大致成一条直线，此时月亮无法用肉眼看到，但如果知道此刻临近新月，那么大潮不久之后便会出现。

地球与太阳和月亮的距离时刻在变化着，由于运行轨道是椭圆形的，我们距它们越近，引力便越强。在不同时刻，太阳和月亮也出现

在不同纬度上，因而在以半月为周期的大潮与小潮转换之上，同时会有一些较长和较短的周期叠加在这些节律上，使得每次潮汐的高度或多或少地有些极端。

所以你才会遇到以下术语：

- 分点潮（Equinoctial tides）。这种极端的潮汐发生在太阳位于赤道上方时。在临近3月和9月底时会出现异常高和低的大潮。

- 近地点大潮（Perigean spring tide）。另一种极端潮汐，当大潮遇上月亮和地球距离最近时发生。

- 超级潮汐（Supertides）。月亮与地球的相对位置周期为18.6年，这个周期会引发极端潮汐现象。2015年是超级潮汐年，下一次在2033年。

2004年2月5日，21名中国劳工在英格兰西北部的莫克姆湾岸边拾鸟蛤时溺亡。悲惨的是，这些劳工被送到的那个区域的潮水在不时涨落，使得那片区域有时是陆地有时是海洋，而他们被留在那里工作的时间太长了。

倘若查看潮汐区的任一海岸线图，你会发现在陆地和海洋之间有一处令人不安的区域。在海图上，此处显示的颜色与陆地和海洋都不同，而这第三种颜色标示的是“干出高地”（drying height）。干出高地指的是有时干燥有时浸入海水的陆地。潮水高度的波动创造出了这些地下区域，假如海岸坡度较小，而潮差又较高，那么干出高地的面积在某些地方会相当大，能绵延数百米。在最大的大潮期间，整个泽西岛的面积在高潮转为低潮、海水退去之时能增加一倍。

这些区域在较高的大潮期一般都是海洋，而在较低的大潮期则是陆地，处于两者之间时便会不时地在海洋和陆地之间转换。这种介于陆地和海洋之间的模糊性开创了对这些临时空间的创造性应用。在过去的几年里，泰晤士河沿岸一直都会举办“重现沙滩”的派对，狂欢者会在这片狭窄的湿地上举办庆祝活动，地点就在绝佳的滨水建筑群与泰晤士河之间。而在索伦特海峡，有一处名叫布兰勃的沙洲，它在较低的大潮期会露出水面。我们前面提到的装载汽车的货轮正是搁浅在这片沙洲上。这座小小的临时岛屿长久以来还承办了两个帆船俱乐部之间偶尔举行的板球比赛，但很少能够成功完成一轮投球，因为潮汐对板球并不友好。

在较低的大潮期，每月只显露几个小时的海滩值得一看。一次极

端大潮、分点潮或近地点大潮，便能让浸在水下几个月的陆地露出水面。要是幸运的话，你还可能会看到沉船残骸或者自海洋浮现的石化林。

在我对海洋三十年的热情探索中，印象中还没有碰到一个人了解以下这个非常常见现象背后的原因。很多时候，我们所见到的两次高潮在高度上会有明显差异。很显然这与解释大潮和小潮现象的日月相对位置毫无关系，也与月亮或太阳距地球的远近没有任何关联，因为这些变化在12小时内并不明显。

答案就在“月球赤纬”（lunar declination）这个现象中。幸运的是，这个现象理解起来要比它听起来简单得多。月球只在地球表面横跨赤道两侧的一个区域内出现。这个区域的宽度处于变化之中，但在最宽的时候它只略宽于热带（用纬度描述就是南北纬28.5度之间）。换言之，倘若你在非洲北部或是南部，就永远无法看到月亮位于自己的正上方。

当月球位于这个范围的中点之上，也就是处于赤道上方，两次高潮与低潮便会大致持平。但当月球接近它的最北或最南界线，事情便有些失衡了，两次高潮或两次低潮之间会有一方明显高于另一方。识别这一点的唯一办法是在月亮从你的南边经过时观察一下：假如它在天空的位置过高或过低，那么很可能月亮正位于赤道北端或南端，此时潮汐高度便会不均衡。

顺便提一句，两次最高月球赤纬之间的时间间隔是18.6年，这便是我们前面提到的“超级潮汐”周期的由来。

月亮和太阳一起创造出了环绕地球传播的超长低波，为高潮和低潮定下了节律，但它们无法解释各个地方的潮汐高度和动态变化为何会有如此巨大的差异。太阳和月亮的节律非常稳定，它们遵循着一定的规律，可以预测，但世界各处海岸的潮汐表现却各有不同，以至于很难想象它们之间会彼此关联。有两个主要因素可以帮助解释这种多变性：临岸海域的大小以及海岸线的形状。

海岸处的海域面积越大，便会有越多的海水在涨潮时隆起，因此小片的海水不会产生巨大的潮差。《圣经》里面并没有提到潮汐，这是因为地中海面积太小，无法生成较大的潮汐。但在阿拉伯半岛的另一侧，我们发现了由1世纪的一位贸易商记载的海洋潮汐变化：

> 如今，整个印度有很多河流，以及巨大的潮起潮落。它们在新月时涨起，在满月时维持三天，而在其他时间又落下。但在巴

里加扎，这种现象更为显著，以至于海底会突然显露，干燥的陆地一时成为海洋，船只刚刚驶过的地方一时又成为陆地；当海洋以全部的力量将涨起的潮水驱入河流，河流便被抬高，更为有力地对抗着自己的自然水流，这个过程会持续很长时间。

对岸边的潮汐高度最具决定性的影响因素是当地地形。随着涨起的潮水接触到陆地，各种奇妙的事情开始发生。河湾处的水会暴涨，海岸线被淹没，岛屿周围的海水急速旋转。潮水有时甚至在反弹后会抵消掉自己，这就是为什么在某些地方只会发生一次高潮，比如在墨西哥湾的部分地区。在南安普敦水域，有一种叫“双潮”（double tide）的现象，那里的地形导致水流在高潮时分的波峰翻了一番，从而使此处的高潮周期格外长——这是南安普敦成长为海事和商业港口的一个原因。

太阳和月亮在一起的合力只能将潮汐拉高45厘米，任何高于此数值的现象一定可以从陆地的形状，以及隆起的高潮作用于此地的方式中得到解释。在有些例子中，陆地能将这个微小的隆起提升至非常极端的15米甚至更多，就像我们在塞文河口那样的地方所见到的一样。假如在地图上查看此地，你便会清楚为何塞文河口会有如此惊人的潮差：此处呈狭窄的漏斗形，每当海水从开阔的深水区进入狭窄局促的浅水区，它们的速度、高度以及行为统统被严重放大。

关于潮汐变化的差异是源于太阳、月亮还是当地因素，有几个基本规则可以掌握。假如在同一地方你所看到的潮汐高度和类型每一天都有所不同，那么其原因便在于月亮和太阳。而假如在同一天内你见到的潮汐在不同的地方表现也不同，那么可以从海岸线的形状上找找原因。

潮高不会以稳定的速度由低涨高，它们的变化速率遵循着一个简单模式，我们可以利用一个叫作“十二分法则”（The Rule of Twelfths）的实用技巧来帮助记忆。相邻低潮和高潮之间差不多是6小时，在此时间段内上涨的潮水可以被平分为12等份，不平均地被分到6小时中的每一小时内。低潮之后每过一个小时，上涨的潮水量为：

1/12，2/12，3/12，3/12，2/12，1/12

从这些分数可以看出，中间的2小时有一半的潮水在上涨（3/12＋3/12 ＝ 6/12），而在接近高潮或低潮时，潮高的变化非常缓慢。这跟潮流是一样的道理，只不过在这里我们探讨的是垂直方向而非水平方向上的变化——是高度而不是水平距离。

在每次高潮或低潮时都会有一个短暂的平静时刻，也就是潮水会在再次开始上涨或下落之前短暂停留。在西方这被称为憩流或停潮，但每种航海文化对这种停滞现象都抱有自己的看法。对于不列颠哥伦比亚的原住民来说，这段时间被称为*xtlúnexam*，在小说里这种平静被用来预示所有事情最后都会好转。

地球、月亮和太阳之间的关系支配着我们所见到的潮汐节律，而海岸线的形状解释了同一天内不同地区的大部分潮汐差异。但仍有一些其他的微小因素能够影响潮高。这些因素不会单独产生巨大影响，但如果刚好一起作用，它们产生的效应便会成倍增加。

风能将下风处岸边的水抬高，在极端的情况下能产生一种叫风暴潮（storm surge）的现象，其间潮水会异乎寻常地高涨，从而带来严重的生命财产损失。1953年，在北海地区，一次风暴潮将海平面抬高了几米，导致荷兰和英国沿海地区有超过2000人丧命。

强风通常在低气压区形成，这会加重问题。正如我们之前讲到的，气压会影响潮高。不管在哪一天，气压越低，潮汐就会越高。想要轻松地记住这一点，你可以想象高气压坐在海水上，从而将水面压低，而低气压让海水涨高，好像在挤压一只细长气球的一端。通常这只是一个微小的影响因素，但如果出现极端低气压现象，岸边的潮高会多上涨30厘米。

风会使潮汐超出自己当前活动的区域。由于这个原因，假如潮汐高于预计高度，而低气压又不足以引起这个现象，那么这可能预示着海上起了强风，恶劣天气将要来临。

除了风和气压，水温也会影响潮汐。如果水温很高，沿岸水面便能上涨15厘米。

风还会影响潮汐的转向时间——若风向与潮流方向一致，它会延迟潮汐转向，而相反会加速转向，两种情况下都不超过1小时。

对于靠近海岸的河流来说，离海越远，通常涨潮时间便会越晚。倘若你离岸只有几英里，潮汐或许会比海岸处延迟10分钟，而如果离岸有30英里，那么甚至可能延迟1小时。这或许会导致一个奇怪的现象，即一条河会在同一时间于仅有几英里之隔的不同地点流向不同的方向。

感潮河有很多不对称现象。当涨起的潮水撞上自然向下流动的淡水时，落潮通常要比涨潮更为强大。当落潮最终胜出，河水会渐渐累

积，之后冲向大海。对于所有的河流来说，这阵水流都不均匀，在深水区流速较快，而在浅水区流速较慢。

如果你要观察感潮河，有几个方法值得了解。这些河流会在高水位处将树枝及其他各种漂浮物累积起来，特别在水边那些很容易挂住东西的地方，比如柳枝的分叉处。但假若你视力够好，便很有希望看见所有能在水里看到的漂浮物——树枝、树叶、灯芯草以及碎屑——在接近大潮时它们统统会出现。在大潮期，河水的水位比两次大潮间的半个月内都高，这就是说河水每两周就会扫荡一次河畔的各种杂物。这些杂物最后会被卷到河流最湍急处，也就是河中央，在那里潜伏一阵子后又会在某处漩涡或遮蔽区浮出水面，并聚集在那里。因此，临近大潮时，你既能在水中发现更多漂浮物，也能看到它们堆积在水边各处。

如果对感潮河足够了解，你会很快注意到，随着水位高度和流速时刻变化，这些地方的碎屑物（不管是自然的还是人为）的数量也在波动。说来很怪，但你的确可以通过观察感潮河上漂浮物的多少来大致估算月相。最大潮差及潮速出现在新月和满月之后，因此假如你在河面上以及死水区看到大量漂浮物聚集，便可知当时临近满月或新月。最近几天天气都不错，我在出门时发现一把椅子安静却快速地沿河面中央漂流而下。这不是巧合，因为昨晚正是满月。

当你发现这些小小的迹象能让你的思维迅速进行推理，便能将各种知识碎片整合在一起。“啊！河面上有好多树枝，现在一定是大潮，也就是说我们现在不是临近满月就是新月。”要是当晚便看到满月，那感觉一定很不错。

动 物

很多动物的行为都与潮汐息息相关，因此你或许能发现，在潮汐转向时它们的行为也会有显著的变化。有一位朋友跟我说，相比于涨潮时分，落潮时泰晤士河上的鸬鹚更为多见，而当低潮开始转向，鸬鹚便会飞走。此外，我还遇到好几个人说自己能够凭听觉判断出潮水转向，但我目前还未享受到这种乐趣，所以它仍停留在我的愿望清单上。我能做到的最接近于此的事是在低潮时听出气体从滩涂里逸出的气泡声，而你或许能做得更好。

许多动物都能适应潮流的威力。3世纪的罗马作家克劳狄厄斯·埃利亚努斯书写动物行为，他记录了螃蟹如何避免与围绕岬角急速流动的水流抗争，这是因为：

……它们事先料到了这些危险，不论何时靠近岬角，每一只都会躲到隐蔽之处等待同类。一旦它们在此地汇集，便向上爬至陆地，再攀过峭壁。就这样，它们从陆地上爬过水流最强和最有威力的海面。

我非常喜欢这个古老的例子，因为它呼应了我们在“河流与溪水”一章里提到的水獭的行为。水獭往下游去时会顺流而下，而去上游时却从陆地上寻求捷径。

由于所有沿海生物的生活都在一定程度上受到潮汐的影响，因此最好的办法就是专注于那些你最常看到或是最感兴趣的少数生物。我无法列举所有你可能会发现的有趣关联，但我可以提供一个常见的例子——海蚯蚓——来说明这一点。尽管你对这个名字很陌生，但我肯定你很熟悉海蚯蚓留下的印迹，即它们在湿润的沙滩上留下的沙子“铸件”（它们看起来有些像介于狗的粪便和甜筒冰激凌形状之间的微型黄色印迹）。

两种主要的海蚯蚓常常聚在一起，这对我们初遇到的动植物来说非常普遍（你知道黑莓一共有375种吗？）。然而专家们学会了区分这两种主要的海蚯蚓。海蚯蚓是很好的钓饵，钓鱼爱好者最熟悉这一点，他们把这两种海蚯蚓命名为黑饵和爆饵。黑饵呈整齐的环形，很有秩序地缠在一起，而爆饵却常常胡乱堆在一起。

黑饵所处的海滩位置常常低于爆饵，前者只有在临近大潮时才出现在海滩上。所有这些都很难记住，甚至对爱好者来说也是如此。当事情变得复杂难解，最好先让它们变得荒谬可笑：

假如你的海蚯蚓很有系统地缠在一起

而不是混乱地堆着，

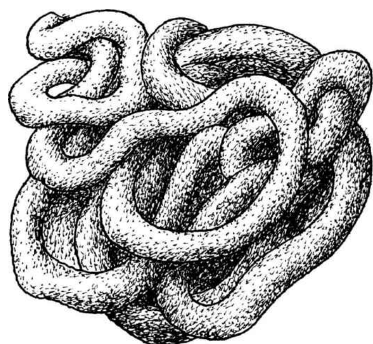
那它便不可能是爆饵

一定是黑饵

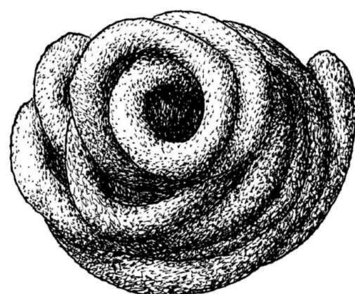
而且生存在低海处。

接着再恢复理性，简化事物：

假如你的海蚯蚓整齐有序，它便生存在低海处。



爆饵



黑饵

我们已经讲过了影响潮高的主要因素，即月亮、太阳、风、气压和气温，但读水者大可继续探索，直至可怕的程度。美国国家海洋和大气管理局是研究这个领域的一个联邦机构，在预测潮汐时，他们将37个主要独立变量纳入考虑范围，也就是太阳、月亮和其他35个因素。海洋学家阿瑟·杜森博士总共鉴别出396个影响因素。或许这个领域有些复杂，但通过研究潮汐，我们得以惊叹于自然世界是如此互联互通。

第十七章 夜间之水

再有经验的海员都会记得自己第一次作为船长在夜间将船驶入繁忙港口的经历。这一刻既兴奋又奇妙，还带着一些激动和迷惘。港口有太多灯光在闪亮和闪烁，而了解它们的含义与感到一阵慌乱的迷惑之间的差别并没有驾船新手周围的人所想象的那么大。

第一次在夜间靠近瑟堡[90]港时，我一边挣扎着应对一股超强的潮流，一边还要费力地去理解眼前的水面。绿色、红色、黄色、白色等各色的光闪耀着，还有灯塔的光扫过大片的区域。每次回想那一刻，我就想起搞笑电影《空前绝后满天飞2：瞒天过海飞飞飞》中的一个场景，里面由威廉·夏特纳扮演的一名基地指挥官被周围闪烁的各色灯光搞得快要精神崩溃，大喊："我受不了了！它们一直在闪啊响啊闪啊！为什么没人把插头拔掉！"

幸运的是，只需一点儿练习，混乱的灯光便开始变得清晰明了。之前的状况像是有人随手将一串圣诞彩灯胡乱扔在了一张黑色毯子上，而现在它被轻松破解了，笼罩在夜色之下的水面围绕在它们周围，也因而能被快速解读。

如果能够再次经历，在费力解读它们，好为小艇导航之前，我会再多花一点时间，从让人舒心的岸上以及渡轮的甲板上欣赏那些灯光。在本章，我会介绍一些基本知识，让你有一个良好的开端——下次在黑暗之中望向海面或河湾时，你能够通过一些简单的原理对眼前的景象构建一幅图景。

灯光代码

学习水上的灯光代码将以一种全新的语言基础开始。首要且最显而易见的原则是：对于水面上的灯光来说，颜色并不是随机显示，你看到的每一种颜色都有所指示。第二个原则是，灯光的状态非常重要：它是一直亮着还是在闪烁？它在如何闪烁？中间熄灭的时间又有多久？颜色以及点亮——熄灭的方式被称为灯光的特性。一旦我们看到的不再只是闪烁着乱七八糟灯光的海面，而是做一点尝试、开始解读每一种灯光的特性时，我们便踏上了解读夜间之水的旅途。

从最简单的特性开始，假如灯光一直亮着，其间完全不会闪烁，那么这种灯光就是“定光”（fixed lights）。但如果你看到它在任一时刻熄灭了，事情便开始富有挑战，也更有意思了。我在上文里曾使用过“闪亮和闪烁”（flashing and blinking）这个短语。我们一般用这个短语来随意描述灯光不停地亮起又熄灭，但如果想破解代码，那么“闪亮”和“闪烁”之间是有非常重要的区别的。闪亮的灯光可以被看成是黑暗被短暂的光照打破，它熄灭的时间要长于亮起的时间，这种情况很常见。而闪烁的灯光亮起的时间要久于熄灭的时间，这种情况就比较少见了。闪烁的灯光有一个学名，即“明暗光”（occulting lights），我们可以认为它是灯光被短时间的黑暗所打断。设想自己身处一个漆黑的房间，房间的另一面有一束火把照亮着你，那这束火把就是定光。而当有人在火把前面有节奏地前后定时走动，那它就成了闪烁光（明暗光）。

假如光照和黑暗的时间相等呢？那么这个灯光是在闪亮还是在闪烁？抑或说它在同时闪亮和闪烁？嘿，有一个解决办法，这种灯光被称为“等明暗光”（isophase lights）。

有的灯光要比其他灯光闪得更快，还有一些会变换颜色，有的甚至会以莫尔斯码[91]的方式闪烁，但在这里我们无须关注这些情况。

侧面标志

侧面标志（lateral marks）是最常见的灯光，它们呈红色或绿色，用于为过往船只标记航道。红标指示航道左侧，绿标指示航道右侧。有一个关键信息需要记忆：浮标是为那些从海上回到陆地的船只设下的，而不是为出海的船只（这种情况全世界通用，只有美国和日本的情况正相反）。我在学习这一点时，了解到相比于从陆地出海，在海上漂泊很久之后的归途会更加疲倦，且更具压力，从而需要更多帮助，这便是设定这些浮标的逻辑。我无法确定此种逻辑是否正确，之所以在这里提及是因为它帮我轻松地记住了这一点。

侧面标志会有各种灯光节奏，不管是定光、闪光、明暗光还是等明暗光。很可能存在很多定光侧面标志，但在可视范围内不应该同时存在两种特性相同的闪光。这里想说的是，定光就像路面上安装的反光装置，它们能使驾船新手在这些固定的绿灯和红灯之间沿着航道的大体路线行驶。但还有一些重要的灯标具有清晰而独特的闪光特性，这使新手首次在夜间驶入港口时，不仅能够识别出他们所见到的是右侧标志还是左侧标志，而且还能确定具体是哪一种。

这种方式的实践作用在于，一个用功的新手会在试图到达新港口之前制订所谓的“引航计划”。这个计划包括记录驶向目的地时预计会陆续见到的一系列灯光，还包含了一些需要特别警惕的特殊灯光。拿我家乡的奇切斯特港来说，在很大一片水面里你都能安全无虞地在绿色和红色定光之间悠闲地滑行。但有一两处地方，在那里每年都会有粗心的船员陷入麻烦，因为在某些令人意想不到的地方，很可能会突然出现快速流动的浅水区、碎石滩或者沙洲。

其中有一处叫“温纳海岸”，它的边缘有三处发绿光的右侧标志。但由于它对新手来说是重要的海标，这些灯中的每一个都有自己独特的闪光形式。第一个每十秒闪一次，第二个每十秒闪两次，第三个每十秒闪三次。这些独一无二的灯标通常都有自己的名字，比如“温纳中部”。任何航海图上都会用缩写将这些信息标注清楚，比如“Fl(3) G 10s”（闪三次，绿色，每十秒[92]）。研究这些海图很有乐趣，许多样本都能从网上免费获取，对于自己喜爱的海域来说，也非常值得购置一幅，但你无须通过研究这些海图来培养对这些灯标的感觉。只要试着识别为船只标出航道的绿灯或红灯线，然后注视这些船只沿此航线驶入和驶出港口即可。

观察一段时间后，或许你会注意到体积较小的船只，比如小艇，并不总是严格沿着这些航道行驶。它们有充足的理由不这样做，因为这些航道大多是为较大的商业货轮设置的，这些大船很少会偏离这些仔细标示的航道。但小船其实可以刚好沿着航道之外行驶以避开这些大船，在夜间，这种方法更受欢迎，在那里小船能够找到在大部分潮汐状态下都足够它们航行的水深。当你见到这些在标记航道外行驶的小船，说明船主可能是经验丰富的当地人，或是仔细阅读航海图的海员，当然还可能是对自己的行为一无所知且马上就要搁浅的人！

在白天，这些侧面标志很容易就能被识别出来。左侧标志是红灯，而右侧标志是绿灯。它们还具有自己的形状，左侧标志顶端呈红色方形，而右侧标志上面是指向上方的绿色三角形。

方位标志

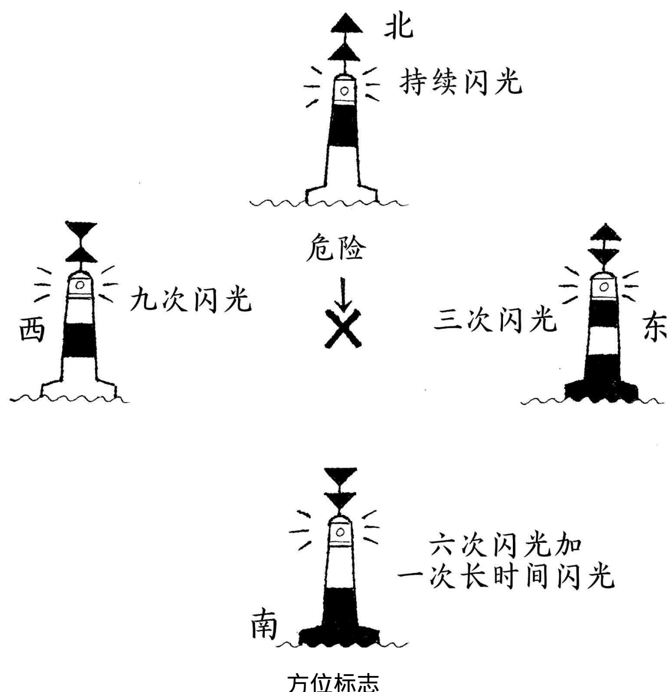
下一常见的灯叫“方位标志”（cardinal mark），它也是我个人的最爱。这些灯对船员非常有用，从陆地上寻找它们也颇有乐趣，更不用说它们还遵循着一套逻辑，因而大部分都可以被轻松找到并识别出来。

方位标志这个名字来源于其本身特点，因为它们指示的正是东南

西北的方位，运用这些方位能够指出通往安全水域的航线。总共有四种方位标志——北方位标、东方位标、南方位标和西方位标。每一种都从危险水域指向安全水域，且非常符合逻辑：北方位标即意味着安全水域就在浮标北边。

方位标志灯总是白色，且总遵循着一套简单的闪烁规则。这些规则需通过联想罗盘和钟面来发挥作用，不管这听起来有多么奇怪，一旦习惯了这一点，它就能帮你轻松记住这些灯光。这些年，我已忘却了很多引航灯的特性，因而不得不重新学习它们，但我从来没有忘记过方位标志这一系统。刚开始你可能会感觉有一些怪异，但试着坚持下去，因为一旦解开它的秘诀，再出去寻找机会练习几次，你便很可能就此永远记住这种方法。

我们依据罗盘的样子把钟面分成四等份，之后便可以借助钟表来识别夜间的灯光。



方位标志

从东方位标开始，想象一个钟面，便知东方位标位于3点钟区域。东方位标会闪三次白光。再想想西方位标，它在钟面的9点钟区域，会闪九次白光。北方位标位于12点钟区域，在持续不断地闪着白光（很可能最初在设计时是想让它闪十二次的，但设计者意识到忙乱

的船员不会想数那么多次闪光，于是便改成持续不断地闪烁）。南方位标在6点钟区域，闪六次白光，但最后又加上一次长时间的白色闪光，以突显自己，防止与其他方位标志混淆。

方位标志简单且含义明确，安全水域就位于其名字所指示的方位处，但它也可以用于多种情况之下。它们能指示船只该从哪一边经过，与此同时还能提醒过往船只留意各种情况，比如航道的某处急转弯。它们还常被用来为船只“隔开”潜在危险水域，比如暗礁。

在白天，这些灯标同样具有自己的含义。它们的顶端形状各不相同，由两个黑色三角箭头组成，标身上面还涂有黄黑相间的条纹。但正如你会发现的那样，在海标的世界里没有什么是随意设定的，甚至这些条纹都具有一定的含义。

北方位标有两个往上指的箭头，南方位标是两个向下指的箭头，东方位标顶端的箭头指向上方而底端的箭头指向下方。西方位标与东方位标相反，顶端指向下方，而底端指向上方。黑色条纹位于箭头所指的方向。

特殊灯标

假如见到黄色灯光，不管是定光还是闪光，你看到的都是一种“特殊灯标”（special mark）。这是灯标中指示最为模糊的一种，它复杂多变，可以应用于任何无法完美归类的情况。它们通常在夏季赛船时使用，但同样可以用于标记海床、管道、锚地、海上养殖场、滑水区或者其他任何事物。倘若见到黄色灯光，背后一定会有原因，而此原因的发掘则需要一些训练有素的推测工作。

在白天，我们能够轻松识别特殊灯标，因为它们的标身通体呈黄色，顶端还常常画有黄色的十字。

孤立危险物标志

假如见到白色灯光每五秒闪两次，它便是“孤立危险物标志”（isolated danger mark）。正如其名字所表明的，这意味着此处水域大体安全，但唯独在它所标记的那一点有一些危险事物存在，比如岩石或沉船，从而会对航行造成威胁。

在白天，我们可以通过其外观将它识别出来，它是一种黑红相间的结构，顶端有两只黑球。

灯 塔

用后世的眼光，我们很容易看出，历史是如何完美地促进了19世纪早期英国周遭灾难的发生。这里拥有着想象中最为迂回复杂且礁石满布的海岸线，且这些凹凸不平的海岸经受着地球上最为强大的一些水流和极端潮汐的冲刷。与此同时，此处的船运量还在迅速攀升。

到了1830年代，英国沿海地区每一天就有超过两起船只遇难事件发生。海难太过常见，以至于人们开始运用航海中的行话来处理随之而来的法律纠纷，其中有很多沿用至今。“flotsam”指漂浮在海面上的部分船体或者遗失的货物；“jetsam”指任何从船上故意抛下的东西，也就是抛弃物；“ligan”指沉在海床上的碎片残骸，通常由浮标标出以待日后打捞；“derelict”则为沉在海床上无法取回的货物。

可悲的是，这些灾难的规模和数量只有达到令人痛心的地步，人们才会做出努力以预防更多此种事件的发生。在如今安全至上的经验主义世俗社会里，很难理解这种对于解决办法显而易见的现象所表现出的慵懒态度。尤其是灯塔在很久之前就已经被发明出来了，亚历山大法罗斯岛灯塔[93]高400多英尺，能追溯到大约公元前260年，而罗马人仅在300年之后便在多佛尔港建立了一座灯塔。然而，与其说这是个技术问题，不如说它是个宗教问题。假如上帝打算让一艘船沉下，修建灯塔又有什么意义呢？不仅生活在陆地上的人们这样想，海员们也认可这个观点。而散布在礁石上被海浪冲刷着的尸体对于这个争论毫无贡献。

正如贝拉·巴瑟斯特在其著作《史蒂文森灯塔》中提到的，纸上谈兵很容易，然而要在风暴肆虐的海面上修建灯塔却造价昂贵且颇具技术难度。虽然最初的进展很缓慢，人们对此的态度却在转变。等到了20世纪，人们态度坚定地认为，对于时有船只光顾的沿海水域，在目之所及的范围内最少要设一座灯塔。

在白天，我们都能第一时间认出灯塔，在夜晚同样不难识别。那些恢宏长远的光束扫过海面，甚至常常照亮陆面，又在随后的一段时间内归于黑暗。

我们应该用和前面讲述其他灯标同样的方式来了解灯塔，但识别它们的过程会稍微复杂一些，也更让人享受其中。有些灯塔的特性非常简单，但灯塔光的闪光周期通常要远远长于较小的灯光，所以它们才会让那些不习惯它们的人摸不着头脑。只要做一些练习，你便能轻松掌握它们的特性，其间借助数大象的方法不失为一个好主意。

如前文所说，灯塔光束的颜色非常重要。灯光通常是白色的，否则便可能是绿色或红色。有的灯塔会有“分区光”（sectored light），这种方法技术含量不高，却是为船只传达简单光信号的一个非常巧妙的办法。这种技术运用了滤镜，它可以使灯光看起来有各种不同的颜色，甚至没有颜色，这取决于观察的具体地点。因此，假如夜晚没有从陆地上看到灯塔亮起来，不要觉得奇怪，因为陆地上的人没有必要看到它。从一条理想航道的右侧（记住这是在船只从海上驶入港口的情况下）观察，灯塔会发出绿光；当船只靠所需航道的左侧航行时看到的是红光，而在规定航道内航行看到的灯塔光便是白色。

接下来是关于灯塔的有趣数字，它的获取分为两个步骤。首先，数一数闪光的次数。多做几次，以便确定自己的结果无误。然后需要数一下闪光周期的秒数。例如，它是每五秒闪一次，还是每二十秒闪三次呢？有一个重点需要记住，那就是周期是从一组闪光开始时算起，到下一组闪光开始时结束，而不是一组闪光结束到下一组开始之间的时间（假如测算最后一次闪光到下一次最后闪光之间的时间，得出的结果是一样的，但大多数人都觉得从闪光开始时数会容易一些）。数秒数有一个实用的小技巧，那便是数大象——一头大象，两头大象，三头大象……数秒数有很多惯用的方法，但大部分都基于三个音节。数大象是我在灯塔上沿用了多年的方法，使用起来非常得心应手。

重复以上步骤，直到确定自己确实掌握了灯塔的特性。现在，如果想的话你还可以在海图上进行检验，甚至搜索灯塔的名字或者它所处的位置（假如知道的话），看看自己做得如何。（在这个阶段，利用互联网来帮助学习并不是在投机取巧，而是为了加快学习进程。它意味着等下次站在水边时你能够加快这一步，不用再借助互联网。）

下一步你便可以尝试在怒火之中运用这些技巧，好吧，不是怒火中，而是水面上。下次当你坐上横渡海峡的渡轮，查看一下目的港口的海图或地图，努力搜寻任何靠近港口或航线的灯塔。接着只需找出那些闪光特性，你便可以在海上找到它们。认出那座灯塔，你会成为船上第一位“看到”目的地的人。

当你确实在海图上找到了一座灯塔（它会用大写标出），你会发现它的旁边标有一些零碎的灯光信息。你可能会在海图上看到以下信息：

Fl(3) 20s 28m 11M

根据前面我们在较小的灯标那里学到的内容，你可能会认出其中

一部分信息，特别是第一部分。此座灯塔的灯光每二十秒闪三次，当灯光的颜色没有特别指出时，我们默认它是白色的。一经熟悉，后面的数字也有了自己的含义：此座灯塔灯光的高度为海平面之上28米，能够从11海里之外的地方看到。

如果想来一次真正的挑战，那就看看位于怀特岛西端的尼德尔斯灯塔的特性：

Oc(2) RWG 20s 24m 17/14M

好好想一下，或许再来杯咖啡，在我揭露这个令人愉悦的信息背后的含义前，看看自己能否破译所有或部分信息。

尼德尔斯灯塔发出的是明暗分区光，这意味着它会根据你所处的观察地点而显出红色、白色或绿色[94]。既然是明暗光，那它亮起的时间就长于熄灭的时间，因而在此种情况下，它并不是闪烁两次，而是每二十秒熄灭两次。

还有一个数字比较容易理解，“24m”是说灯光位于水面上24米高。

最后部分包含了两个光照距离，即17海里和14海里，因为它实际上不只有一个红光区，还有一个特殊灯光区会发出红色强光，能够照射更远的距离。不必担心最后这两个数字，有的水手在海上漂了数十年都不了解这一点，这只是一个特例。

自然而然地，你可能会疑惑，既然我们已经由海图得知了灯塔灯光的可视范围，为何我们还要关注它的高度。嗯，海图的这个距离指的是从海平面上看到的光照距离，但如果身处一艘巨轮之上，或者甚至站在陆地上，那么这个距离便会大大拉长。假如知道灯塔的高度和自己相对于海平面的高度，水手及其他人可以运用一些表格计算出某座灯塔能够从多远处被看到。在尼德尔斯一例中，假若你站在高于海面10米的渡轮甲板上，你会比小船之中的人更早看到灯塔，他们还需多行驶几英里才能看到。这跟我们在“海岸”一章中所讲的与地平线的距离是一样的道理。

灯标和灯塔的讲解就此打住，下面说说对驾船新手的一个小建议。假如你跟他人一起待在船上，这时你需要确定自己准确掌握了某个灯标的特性，那么有一个小技巧值得了解。新手常常犯的一个错误是向他们身边的人做引导性提问，又不知道自己的这些问题只会得到雷同且常常毫无益处的答案。

“那个光闪了六次吗？”

“是的。”

“从第一次闪光再回到第一次闪光中间是十五秒吗？”

“是的。”

“是绿光还是白光？”

“是绿光，等等，可能是白光。”

人们喜欢迎合他人，但这样并不总是能够帮上忙。与此相反，应该问一些能得到独立观点的问题。

“你看到了几次闪光？”或者“从第一次闪光再到第一次闪光中间是多少秒？”，又或者“光是什么颜色？”。

奇特的光标

很多海洋生物都会在夜间发光，比如闪着磷光的浮游生物夜光藻（*Noctiluca scintillans*），它在受到干扰时会发出微光，因而得名“海洋之光”。大部分发光生物的体积都很小，但有一些相对大一点儿，比如夜光游水母（*Pelagia noctiluca*）。这种被称为“浅紫色鸡尾酒”的水母在2007年制造了一条新闻，却并不是靠自己能在夜间发光的本领。当时一大批夜光游水母涌入了北爱尔兰的一个三文鱼农场，从而造成了价值一百万英镑的损失。

读水者会花很多时间享受在白天眺望港口水面，看船只来回穿梭且吱嘎作响。这种经历在夜间更加令人愉悦，然而倘若你在停泊的船只上看到一大群看起来像是磷光小生物的东西，抱歉，我可能要让你失望了，你看到的并不是什么魔法。船主非常痛恨在回到长久停驻的船上时发现上面满布鸟粪。预防此种情况的一种方法便是在船上拉起一根串着光盘的线，用来吓唬鸟儿，效果却不止于此。光盘会接收任何光线并将它们反射到我们眼里，因而造成了这种奇特的闪耀效果。

天文漫谈

我的眼前一片漆黑，这让我很难随着船的颠簸摇晃身体，于是我用戴着手套的双手紧紧抓住冰凉的金属。12月的空气把我的脸颊冻得

生疼，而这有些怪异地让我感激起脸上紧绷的眼罩，它起码让我的眼睛感受到了一丝温暖。我们朝大海驶去，船上他人的谈话声被发动机的轰鸣声淹没了。随着距陆地越来越远，我唯一能感受到的线索是海面变得更加起伏不定了。

随后我被告知可以取下眼罩了。拿下眼罩后，我看到它们正齐刷刷地瞄准我。幸亏这不是一次真正的绑架，指着我的脑袋的是电视摄像头。

几周前，我碰巧正站在毛里求斯的一处沙滩上眺望暮光之下的海面，这时我的手机响了。我暗自骂道为何没有关掉手机，但还是接听了电话。我并没有听清楚对方的自我介绍，因为当时信号不是很好，于是我听清的第一句话是一个问题。

“假如我们蒙上你的双眼，把你放在一艘船上，然后带到海面上，再把眼罩摘下，你能仅仅利用星星就辨别出自己的位置吗？”

“呃……可以。”我答道。

“那如果之后我们给你一个信封，里面附有一个未知地址，你能利用星星找到这个目的地吗？”

“能。”我说。我又问：“你们是谁？”

“这里是BBC。”

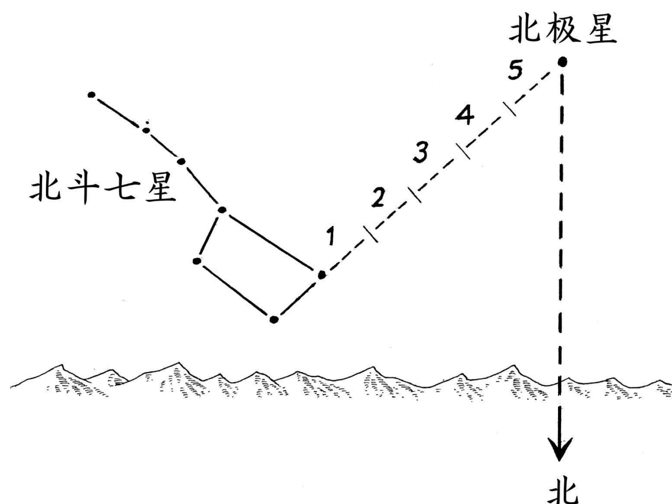
跟我通话的人是BBC《观星指南》节目的制片人。正是这通电话让我于一个寒冷晴朗的夜晚在英吉利海峡里的一艘船上暂时失去了方向。

严格来说，天文导航与读水没有什么关系，但在人类长久的夜间航行史上，它是一个基本方法，因而允许我们在这里小小地离题一下。我无法用几页纸的内容就教会你使用六分仪，但通过说明我在那艘船上所做的事，或许你能比较直观地了解到天文导航是如何发挥作用的，而这很可能会给你在夜间的观水时光增添一层乐趣。如果对利用星辰导航无甚兴趣，你可随意跳过这一部分。

此次挑战并不在于搞清楚自己的大致位置，而是仅利用星空来尽可能精准地确定我的具体位置。当时我们还能看到落日，我告诉主持人马克，日落时分是能帮助我们确定方位的黄金时机，它自身便可充当罗盘（依据经验，我判断那天的太阳会在接近230度处落下）。我还说我们要开始忙活起来了。很多人都以为天文导航是一件富有浪漫

气息且闲适的事。而真正操作起来，情况则并非如此。确切地说，利用星辰找到方向可能很悠闲——它真的很简单——找到北斗七星，再找到北极星，便可以开始操作了。

但通过星星确定自己的位置就没有那么轻松了。有一个非常短暂的时间段，在此之内能够观察到你所需要的景象，一旦错过便需要在冬日里再等上13个小时。你需要充足的光线以便看清楚地平线，而又需要足够的黑暗好看清星星。在某些情况下，黄昏是一个模糊的概念，但在进行天文导航时却是一个非常精确的工具。你需要这两者的原因是，天文导航的精髓在于角度，而假如你既看不到目标星星又看不到它下面的地平线，你便无法测量出星星的高度。



利用北斗七星找到北极星

我先通过观测金星做了下热身。我喊道："时间……到！"马克随即记下当时的格林尼治时间。然后我告诉他六分仪上显示的度数和分数。等到真正的黄昏来临，我们这个团队已经演练充足，做好了准备。

在此刻之前的几周时间里，我和导演通过电话进行了长时间的交谈。我们的谈话主要围绕着我将要使用的方法。我们确定了一个稍微不那么正统的方案，对此我们有充足的理由。通常的办法是观测至少三颗星星，有时会多达六颗。而对于像这样的电视节目来说，能让观众跟上我的行动逻辑非常重要，为了实现这一点，我很乐于简化过程。我提议我们牺牲一点精确度（同时便省去很多冗余细节），只观测两颗星星便定下来。我将通过北极星来确定自己的纬度，再通过西

方或东方的一颗星星计算出自己的经度。幸运的是，在我们正考虑此事时，夜晚天空里最为明亮的一颗星星刚好接近正西方。

我指出这颗明亮的西天星辰——织女星，船上所有人都很惊讶。在多数人看来当时只是白昼向晚——夜幕还没有降临——竟然就能看到星星。这件事会让很多人深感意外：如果知道自己该往哪里看，你便能比多数人所想象的更早看到星星。事实上，你还可以利用这个方法在白天看到金星。若此前并未做过便值得一试。在日落或日出时分，当金星非常清晰（比如距离太阳相当远）时，观察金星相对于太阳的位置。之后在第二天，倘若在正午时分天空晴朗，再次看向相对太阳的同一位置（用一只手挡住阳光），你便能够再次找到金星，即便当时接近光照强烈的正午。

我们观测了三次织女星，又扫视天空寻找北极星。五车二[95]很容易在东北方找到，之后北极星出现了，起初光照非常微弱。又观测了三次，轮到我做一些计算了。事实上，世上仅存的少量天文导航器此刻通常都需要仰仗芯片来发挥作用。我的苹果手机里的确有一个应用程序可以使用，其中容纳的数据远至公元2500年，写到书上足够压沉我们的船。但导演和我都觉得这样会让坐在家中的观众无法理解后续操作的逻辑，也丧失了浪漫色彩。

靠着手里的《航海年历》和测天表，我开始用铅笔在纸上处理信息。我跟马克解释说，一旦我们得出每一颗星的观测数据，便得到了每颗星的两个关键信息。第一个是观测时间，第二个是每颗星高于地平线的精准角度。第一个信息，也就是时间已经备好了，因为我们当时查看了手表，上面的时间已于当天早些时候校正为格林尼治时间。而第二个信息，也就是角度还没完全准备好。在得出的角度能用之前，需要做一些加法运算，它们很简单却非常重要。

首先，我需要解释一下“指标差”（index error），它的存在源于没有一个六分仪是完美的这一事实，几乎所有的六分仪在触碰后都会被误读。只要你知道这个误差，只需在这一步将它考虑进去就不会有什么影响了。下一步是调整“眼高差”（Dip），这让船上的所有人都感到意外。之所以需要调整眼高差，是因为你并不是从海平面上测量的，而是从略高于海平面的位置上进行。当时，我们站立在高于甲板6英尺的地方，而甲板自身高出海面4英尺。这听起来好像不多，但这意味着我们得出的所有观测结果都会比从海平面上得出的要大3角分（1/20度），因此需要做一点减法。这是一个微小的调整，却是很关键的一步，没有这一步，计算出的位置会与实际相差3英里。

接下来便是“视高度调整”（apparent altitude correction），我更

喜欢称它为“池塘中的棍子效应”。不论何时你见到一颗星（或太阳、月亮及行星），它看上去的位置并不是它的实际位置，因为它发出的光被我们的大气层轻微弯曲了。星星的位置越低，这种效应就越明显，由于这个原因，我们不推荐观察低于10度的星星。（假如你确实碰巧看到头顶正上方有一颗星，它的光垂直射向大气层，便不会产生折射现象，因此它的实际位置就是我们看到的地方——但这种情况非常少见。）

最后的计算便属于真正的天文导航。它们一点也不复杂，但是其精细程度却足够我们闭门学习五天。我从未见人将其逻辑解释清楚，在这里我可能也无法做到，但我还是想尝试一下。

天文导航原理的又一漫谈

建议你找到一根灯柱，站在它下面。灯和街道之间的角度是多少？答案是90度。也就是说，如果你在电话里告诉我你目测这盏灯有90度，我就可以肯定地说你站在那盏灯的正下方。接下来，假如你从灯下往外走5步，再测量它和街道之间的角度，你可能得出70度这样的结果。你离灯越远，它就越低。简而言之，这便是关于天文导航原理你所需要知道的全部知识。让我用一个奇怪的想象实验来说明此现象。

设想我在电话里让你站在街上的某处，然后告诉我那盏你我都熟知的街灯在地面上的角度。不管你的答案为何，我都能够大致地估算出你离那盏灯有多远。假如你说灯在地面上50度，我会说我认为你离灯有12步那么远（这不是什么魔法，只是三角学知识）。

然而——这是一个很重要的转折——尽管我能大致得出你离灯有多远，我却无法讲出你在街上的确切位置。我能得出所谓的你的“位置线”（position line），也就是说我知道你站在哪条线上，但确切说它不是一个地点，而其实是以同一半径绕灯一周的一个圆。这是因为，灯看起来与地面成那个角度的位置只有一组，它们围绕灯形成一个圆，而灯是它的圆心。

单单一条位置线便能在很大程度上提示出你的位置，但还不够准确，因而不是真正有用。我还需要七巧板上的至少两块来精准确定你的位置。假如你告诉我在望向另一方向时，你能看到我们都知道的第二盏街灯，而它在地面上30度，再转头还能看到第三盏灯是20度，那么我便可以确定你站立的位置。在街道上，只存在一个地方，在那里A灯与地面成50度，B灯与地面成30度，C灯与地面成20度。每一角度

都对应了一条你可能站立的位置线，而这三条线的交点便是唯一你可能观察到这三个角度的位置。

这便是天文导航的原理。其中，星星便对应我们的灯柱。而在夜空下唯一使得这个过程略具挑战性的是，这些“街灯”会移动——星星相对我们的地平线是一直在移动的。由于地球在自转，它们因而升起、落下或旋转。我们得将它们的位置和时间对应起来，因此我们才需要表格、旧式航行表、数字手表以及时兴的应用程序。

回到英吉利海峡，我从北极星高于地平线的角度得出了我们所处的纬度，这只不过是围绕地球的一条很长的位置线。假如北极星高于地平线50度，那么你的纬度便大约是北纬50度。你可能位于英吉利海峡，但也可能位于乌克兰或哈萨克斯坦。好在我对织女星的观测结果显示了我的经度，这便把位置锁定在韦茅斯[96]东南部的某处。

这表明我所在的位置与GPS定位所得出的位置相差三四海里（在观测过程中我们可能漂流了大约1英里）。这还算正常，对于在行驶的甲板上只通过观测两颗星星得出结果，这样的偏差已经是很好的了。

马克打开手里密封的信封。他抽出一张白色卡片，上面清晰地印着：奥尔德尼岛。

我们知道奥尔德尼岛在我们南方，所以只需要弄清楚如何朝南方前进，而这在晴朗的夜晚非常简单易行。我们利用北极星找到北方，接着利用其相反方向上的星星来帮我们指引往南的航线。随着船往前航行，南天的星星渐渐顺时针从东南方转向西南方，我们于是重新寻找目标星星。这跟太平洋的航海家们所使用的方法非常相似，它被称为跟随“星路”（star path）。明亮的北落师门[97]在早些时候被我们抛弃了，之后飞马座的室宿一和壁宿一为我们指路。

猎户座从东方冉冉升起，木星在双子座之下发出明亮的光辉。几小时过去了，南方的地平线之上开始陆续出现灯光。它们整体发出明亮的光辉，一盏更为明亮的灯洒下很多模糊的光亮。此外还有三盏明亮且间歇性发出耀眼光芒的灯，盖过了其他所有灯光。我指向南天的星星，又对马克简要重述了一遍。我们知道南天的星辰会从左向右转换方位，也了解它们的移动速度。

“那么哪些星星最有可能帮我指引往南的航线呢？”我问马克。

“那一团，鲸鱼座的星星。”马克指向那个星座答道。

“同意。现在把视线往下移，望向它们正下方的地平线。”

“啊！”

马克在十五秒内便发现了标志着奥尔德尼岛灯塔的每十五秒闪四次的灯光。自此我们以它为指引向正南方目的地驶去。

纸、铅笔、六分仪以及星空这些工具指引了我们短暂的航行。但此刻我们不再需要这些东西了。

尽管六分仪的使用方法在本书内不做说明，任何会在夜间观水的人都会发现与星辰为伴的好处。普林尼[98]曾写到，那些航海者有注意星辰与我们在地球上所处位置之间亲密关系的习惯。很有可能，那些喜欢待在水上或者水边的人要比身处陆地的人对星空的兴趣更大。其中一个原因是，如果你身处岸边，那么你看到的夜晚的天空通常至少会朝一个方向延展至海平面。

我来提供一个简单的练习方法以作为开端。学习利用北极星以及上面提到的北斗七星的方法找到北，接着观察北极星高于地平线的角度，这个角度差不多就是你所处的纬度。下次当你朝南航行，比如去法国南部或西班牙，再次找到北极星，注意它在天空中的位置比在家时要更低。这便是我在那艘船上计算自己纬度所做的练习，唯一的差别在于精确度，而事实上，这一点并不是乐趣所在。

第十八章 观船

因而我们得以见识这些船长和水手驾驭他们手下贾尔巴船[99]的本领。他们驾驶贾尔巴行过狭窄的航道，操纵船只像驾驭骏马，它随缰绳任意调控，且在辔头下灵活自如，这幅景象令人叹为观止。他们在此过程中展现了高超的技巧，难以用语言形容。

伊本·朱巴伊尔[100]，约12世纪

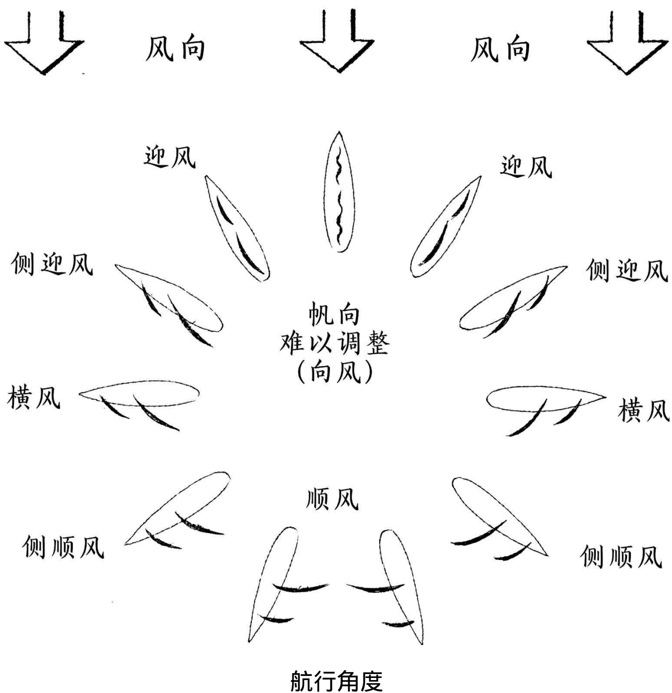
船在缓缓靠岸时所散发出来的魅力总是能吸引我们的目光。当我们了解到训练有素的眼光该注意何处时，这种感受会更加深刻。很久以前，每一艘船的外形都能透露出当地水域的特点——北苏格兰的斯特罗马木帆船[100-0]船体牢固宽大，船首向上弯曲，能够在当地海面上乘风破浪，最后再回到沙滩上。悲哀的是，这种完美适用于某一地区海面的船型正逐年变得罕见。与本书其他内容一致，本章将会探索一些特定的线索和迹象是如何帮助我们解读水的，这些线索并不是指船本身的设计。从最轻的单桅帆船到巨型油轮，都有一些技巧可以使用。

假如上面提到的“单桅帆船”一词让你第一次开始担忧这是一个太过专业的领域，那你绝不是一个人。水手们的语言在他们的海水世界里已经演化了如此之久，因而听起来可能像是一个封闭式工厂。有的人会被这种混合语言的浪漫气息折服，但任何人都没有必要被其陌生所震住。最好的办法就是当看到有些表达开始偏向海上术语时，对它一笑置之，想想那个给医生描述自己哪颗牙齿疼痛的水手：“靠近船尾上空的那颗臼齿，在右舷船尾处。”窍门在于，记住语言并不会改变我们所见所感的物理现实性。想想在远处航行的一艘帆船，它可能在“迎着强风奋力前进，右舷抢风行驶，船帆紧缩”，但这并不会让风和水发生改变，这些语言描述不过是标签。我们所要做的，只是记住一些简单的规则，而我们所见到的所有扬帆行驶的船只都会透露出一些关于周围水况的线索。

首要也是最基本的是，风势越大，挂起的船帆（张帆，carry）也越少。因此在轻风里，你会见到大面积的船帆被挂起，而在狂风中船帆便会被缩减（缩帆，reefing）。接下来，注意船身的指向与风向之

间的关系，它们越接近，船帆便会越对准船身。假如从船头向船后（船首到船尾）画一条假想的直线，船帆看起来与这条线对得越齐，那么船的航向便与风向越为接近。

我们来设想两个极端情况。假如风正好从小船背后吹来，那么船帆就会以尽可能安全的方式向远处鼓起，它们几乎与船体中线成直角。这种情况叫顺风（running）。没有哪只帆船能逆风行驶，这违反物理定律，但现代船只却可以以接近逆风的方向行驶，比如可能逆风45 度行驶。然而，为了实现这一点，船帆不得不被紧紧地拉向船体中线。这种情况叫迎风（close-hauled）。在这些极端情况之间，还存在许多航行角度（points of sail），比如横风（beam reach）——此时风吹去的方向与船的航向成直角。



航行角度

如果你对这些概念感到陌生，就把见到的每一艘船当成自己的风向标来观察，以此了解整套原理，而不是被这些术语吓退。一旦通过练习能够识别出不同情况下的帆向（它们适用于从小艇到超级游艇等各种船只），你便做好了理解缩帆和航行角度这两个基本概念如何共同作用的准备。设想有一阵微风以15节（4级）的风速在吹，而有一艘帆船以6节的平均航速行驶。让那些对航行原理不甚了解的人大感意外的是，航行角度对这艘帆船所感受到的风力有着巨大的影响。这

便是视风（apparent wind）和真风（true wind）之间的区别。这是因为，尽管作用于水面的风力可能是不变的，但是每一艘船所感受到的风力却因船是向风行驶还是顺风行驶而天差地别。

我们来实际演练一番，在这个例子中想象我们的帆船随风航行，也就是顺风。你很容易便能发现这一点，因为巨大的船帆被风涨得鼓鼓的，几乎与船体中线成直角。船上的人所感受到的风力应该是真风的风速减去帆船的航速，也就是15节减去6节，得到的结果为9节——算是微风——难怪他们需要尽可能地挂起更多的船帆，以去往任何地方。现在，想象这艘帆船转向为几乎向风而行，航行角度为迎风，因此船帆被紧紧拉向船身。这时船上的人感受到的风，还有使船帆满涨的风就完全不同了，现在它接近15加6—21节。这算是比较强劲的风了，视风已经翻了不止一倍，因此帆船可能不再需要挂起那么多船帆以快速行驶，所以船长或许需要决定减少帆面并缩帆。

现在，你很可能已经明白了船身的角度如何随风向而改变，船帆依风向而变的角度和挂起的船帆数量都是内在相关的。你无须长时间盯着船只以等待所有情况发生。在船只来往频繁的水面上，你很有可能会同时发现很多以各个航行角度行驶的船。

那么，再学习最后一个简单的观察步骤，不久之后你便能指出一位船手在缩帆。如果一艘船相对于它所经受的风力来说挂起了太多船帆，那么其中一个表现便是船身会横倾（heel）太多。这会使船行驶得非常吃力，因为船体最初的设计并不是为了让它在倾斜状态时有效行驶。因此，在大多数情况下，船手应该缩帆以停止这种倾侧。

也有例外——在观看帆船比赛时，会发生各种奇奇怪怪的状况，很难确定这些状况会不会给他们带去优势。但一般来说，假如你看到一艘船顺风而行，行驶得又快又平稳，接着又看到它朝风转动船身并向右严重横倾，这表明船手没有充分预期到当时真风和视风之间的差别。

综合以上，在观察船帆时有三个线索可供寻查：挂起的船帆面积、船帆与船身的夹角，以及船身是否横倾。倘若练习观察这三个简单线索一阵子，你便会发现自己对于风对不同水域的影响的鉴别能力飞速提升。简而言之，行驶中的船只可以充当风向标，这让我们更加全面地了解局部地区的风况，也因而对读水大有助益。

通过研究行驶中的帆船，甚至是那些静止不动的船，我们还能发现另外一些水面线索。假如看到船身前部某处地方悬挂着一只像是黑球的形体，便说明你看到的船是停泊状态，它所处的水域因而是浅水

区。这是号型（day shapes）的一种，它们是船只依法为其他船只传达自身动态的可视信号（它或许是一种法律义务，但这个习惯却在消失，一般来说发达国家的商船仍在使用这个方法，英国的水手也常这样做，但除了这两者，能否见到这种方法便需要看运气了）。虽然还有其他好几种，但“停泊”号型是唯一一种你可能会经常见到的。接下来我会再提到三种，因为在它们神秘的本性之中自有一种美感。

一个指向下方的深色圆锥意味着航行中的船只在使用自身的发动机（这点之所以重要只是因为当船只使用自身的发动机时，船的先行权便会改变）。三只摞在一起的黑球意思是船只搁浅了。而我私人的最爱（我的喜爱只是出于它将传统的优雅气息和当代的恐怖元素做了超现实的混合）是三只黑球，一只位于桅顶，另外两只分别位于前桅最下部的帆桁两端，它说明你看到的是……一只扫雷艇在作业。

国际信号码是在海上发送信号的一种广为认可的方法，无须付诸语言。信号旗、字母组合以及莫尔斯码合在一起，意味着船只可以通过无线电、悬挂旗帜、闪光灯，甚至是扩音器，来给另一艘船发送信号，即便他们并不清楚对方的国籍。例如，有一种蓝边的旗帜，旗面上白色区域的中间是一个红色正方形，它的意思是：“我需要医疗救助。”这句话还可以用灯光闪烁莫尔斯码里的字母“W”来传达：点，划，划。这些信号中的大部分都比较少见，但有一种信号，一旦你认识了它，就会发现它出人意料地常见。这种信号便是“阿尔法”（Alpha）旗。

阿尔法旗是一种蓝白旗，它靠近旗杆的一半是白色，而另一半是蓝色，但是这块蓝色看起来像是缺了一块三角。我们经常见到它飘扬在一只结实的充气船上，这种船在离岸不远处上下浮动，它说明此船是潜水作业船。这种旗子的意思是：“此处水下有潜水员，请以低速驶离。”再向附近看，或许你会在水里发现一个浮标，上面有一面红旗，一条白色对角线斜穿过旗面。这种旗子也叫潜水员信号旗（diver downflag），标记在水下有潜水员作业的水面上。这两种旗子属于至今仍被常常使用的少数信号旗，这并不让人意外，因为潜水员们最怕在他们计划浮出的水面上有快艇划过。倘若你路过任何军舰或军用设备，注意观察是否有这些旗子组合的存在，因为很多军舰上仍在使用这些信号旗。有一些信号旗组合意味着正在进行火炮射击，还有一种意思是潜水艇正在此处海域进行演习。

有一种旗子总是让我忍俊不禁，在我看来，这种旗子与其说被设计出来是为了航海，不如说它是为了感情交流。它就是X旗，白色的旗面上画了一个蓝色的叉，意思是：“先放下手头的事，注意我的信号。”

在海滩上，救生员们拥有自己更为简单（读到这里你可能会松一口气）的旗帜代码。红旗的意思是不要游泳，而一对半黄半红的旗子标记的是推荐游泳的水域，由救生员监测得出。一对黑白方格旗子标记的是“冲浪和水上运动区”，而橙色的风向袋意味着有明显的离岸风，因而充气船只要格外小心。

如果说帆船还保留着航海在美学上富有魅力的一面，那么货轮便无可避免地发展出了其粗犷的另一面。巨大的集装箱船或许不够精巧，但这些庞然大物仍然为我们提供了一些很好的水面线索。

首先要做的是观察这些货船是如何沿着几乎任一海岸线来往的。你会发现它们的航线非常固定，在靠近陆地时，所有的货轮都遵循着设计好的船运航道航行。在大海上它们的航行可能会灵活一些，但在船只来往繁忙的水面上它们便被划入规定的航道，就好像行车时的我们。和公路一样，这些航道依据航向进行了区隔，所以下面要弄清的就是哪一条航道离你更近，是船只朝你左方还是右方前进的那一处航道呢？

船的相对大小或许能帮你解决这个问题。假如这也帮不到你，那么有一个窍门可以揭开谜底：看起来更白的船只离你更远。有一个光学效应名为“瑞利散射”（Rayleigh scattering），它意味着一样东西离你越远，它看起来就会越苍白，越接近白色。在空气中远距离传播后，颜色会被明显滤去。过往的船只常常看起来离你都差不多远，它们甚至好像要撞在一起了，但练习之后你就会发现，其中一艘要比另一艘稍显苍白，而更显苍白的这艘船便距离更远。倘若时间充裕，你还可以检验自己的判断是否正确，也就是持续不断地观察，看看哪一艘船会在前面经过。

在比这些主要船运航道更靠近陆地的地方，通常能见到较小的机动船疯狂地来回穿梭，在近岸水域小范围行驶。但是再往远处看，你便能看到货运航线。

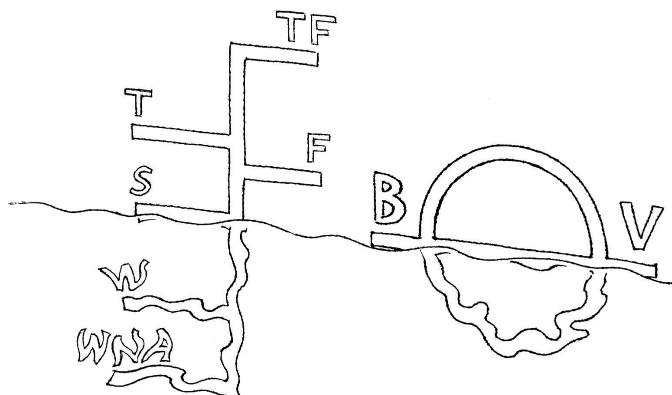
如果发现货船靠近，它们的船体很值得一看。水手们不费什么工夫就能理解装载量过大的船在波涛汹涌的海面上可能会不堪一击，然而很少有水手能够判断出货船的安全装载量。赚取利润的商人们与这些普通水手可不会有一致观念，特别是那些从不踏足船只的商人。因而几个世纪以来，贪婪的商人和小心谨慎的船长之间一直在进行着较量。首次尝试规定一艘船的装载量的举动可以追溯到四千多年前的古克里特岛[101]。然而，一直到19世纪船只频频失事引发担忧，人们这才尝试以更加系统的方法来控制装载量。

这个问题被巧妙地改造后成为解决办法。为了领会这种方法的妙处，非常值得在家做一项简单实验。往水池或水盆里注满水，将一只圆柱形玻璃杯直直地放到水面上。大部分直立的空玻璃杯都会漂起来，即使它们看起来四处浮动，随时都像要沉下去。假如往杯中加一点水，再把它浮在水面上，这时你会发现它比之前更加平稳了。因而在船底放置少量压舱物比完全不放要更为安全。假若再现海面状态，也就是在水盆中制造一些轻微的波浪，玻璃杯可能会略微浮动一些，但应该不会下沉。

现在，目测一下盆中水面与玻璃杯顶端的距离。在这个实验中，玻璃杯代表货船的船体，而水面与船体上缘之间的部分被称为“干舷”（freeboard），也就是船体不沾水的部分。干舷大小会根据玻璃杯和你在杯中注入水的多少而变化，但有一点可以确定，你往杯中加入的水越多，这个高度便会越小。随着干舷变小，船只对抗汹涌海面的能力就会变弱，这正是几千年来在货船身上发生的情况。

现在，假如一直往杯里注水，直到干舷部分非常小，这时在水盆里制造一些波浪。最终总会有一道波浪从杯沿上漫入杯中，也就是我们的船体，此时便会很快建立起一个恶性循环。现在杯中的水越来越多了，也就是干舷高度越来越小，这使得波浪很容易进入杯中。很快，玻璃杯——古代的贸易船以及去年刚被打造出来的船都会迅速扑通沉没。

塞缪尔·普利姆索尔是19世纪英国的一位政治家，他意识到较低的干舷高度是个麻烦，但他同样领悟到，如果我们仔细地观察它，它便能够帮我们解决问题。换言之，我们可以更为仔细地观察水位上升到了船侧的哪个位置，借此来判断船上是否载重太多。最为简单的实现办法就是在船体侧面画上一把标尺，依据建造师或工程师对船只的了解来进行校准。这些标线被称为普利姆索尔线（Plimsoll Lines）。它们简单而巧妙，因而大获成功，并被写入法律，在世界范围内广为传播复制。到了今天，我们仍然能在各种各样的船只身上看到它们。



普利姆索尔线

如同航海世界中的很多事物，在我们能够顺利解读普利姆索尔线之前，还有一个简单代码需要破解。这些标线通常分为两个主要部分。首先是很关键的垂直尺，沿着这些垂直的标识通常会看到一些字母，比如TF，F，S，W，WNA等。这些字母是水体类型的缩写：热带淡水（Tropical Fresh），淡水（Fresh），夏季（Summer），冬季（Winter），北大西洋冬季（Winter North Atlantic）。物体在咸水中受到的浮力要大于淡水，水温也会影响水的密度。这意味着在水温较低的咸水中装载量合适的船只到了温暖的淡水中，吃水线会明显升高，因而也更具危险性。

权威部门会从司法角度更加详细地来看待这些标记，但我们只需明白，水位接近这些标线的顶端便说明船只载重很大，而随着吃水线下降，刻线浮出，船只的装载就越轻。讽刺的是，已经有人指出我们可以通过研究这些标线来评估世界经济。2008年后不久，这些线都跃出了水面。（顺便提一句，在全球经济萧条时期，这些货船的数量很快超过了贸易需求量，所以我们才会看到这么多货轮沿海岸的深水锚地散漫地一字排开，这种情况一次能持续数月甚至几年。）

在普利姆索尔线主线旁边，你可能会发现一个圈，一条水平线穿过其中，两边还有一对字母。这与读水没有什么关系，但为了完整地破解代码，你或许想知道，这些字母代指了认证这些刻线的机构，因而它也提示了船只的来源。LR——英国劳氏船级社（Lloyd's Register），BV——法国必维船级社（Bureau Veritas），AB——美国船级社（American Bureau of Shipping），NK——日本船级社（Nippon Kaiji），诸如此类。

水面追踪

在阿曼的三角帆船上，恶劣的天气逼迫我们不得不去找到一个避风港，于是我走到一处狭小的岩石高处边沿观望风暴的来临。后来的更加猛烈的狂风与先前的强风叠加在一起，使得我所站之处下方的海浪改变了方向，我目不转睛地望着它们朝陆地弯曲。随后我发现当地人开始载歌载舞，而我也加入他们一起欢笑起来。在世界的这个区域，大雨太过罕见，因此需要以欢庆的氛围来迎接它的降临。

第二天早上，我爬上一座山，也就是高耸于海边的炎热而干旱的山丘。我背了一只背包，里面装着一些主食、水和一个大概的规划。我想要研究船与水的某一种特定关系，我对这个关系的兴趣已经持续了很多年。

我们都知道行驶而过的船会在水里留下伴流（wake），而船的体积越大、力量越强，我们见到的伴流就会越大。如果你曾驾着小船在河面上颠簸，便不禁会对那些造成水面强烈波动的船只类型和它们漫不经心的主人产生一种第六感——在它们留下的伴流把你朝某个方向震开时，这些毫不知情的船主怡然抿上一口酒，而在伴流撞上河岸又反射回来，把你朝另一方向荡去时，他们又呷上另一口。

很多年前，在炙热的天气里长途跋涉了一段时间后，我在希腊一座山的山坡上找到一处阴凉地坐下休息。我看到了一幅景象，它以一种令人愉悦的方式撼动了我对伴流和水的理解。一艘小汽船冲进我俯视的那片很大的海湾内，它巡视了一圈后又冲回海面上去了。伴流中翻滚的白色水沫向海湾的边沿冲去，气泡从船身后的一条线里涌上来，之后船消失了。我坐在那里，喝了一会儿水，然后把我的宽檐帽往下一拉遮住脸，向后靠在一块岩石上，打算睡上一觉。

当时正是中午，天气十分炎热，让人无法入睡。因此几分钟后我又站了起来，等着眼睛适应照在岩石和海湾水面上明晃晃的阳光。我又啜了一口水。这时水中一个奇特的现象让我为之一凛。水中有一道非常完美的曲线，我很快就将它认了出来。它正是大约10分钟之前那艘船的行驶轨迹。它在水里留下了踪迹。

追踪是人类最为古老的技能之一，也就是了解在你之前穿过某一区域的动物和人的路线、时间以及行为。这项技能可以帮助我们的祖先更好地捕猎，同时避免被竞争者发现，因此几千年以来它一直都是一项重要技能。在近代它又重新兴盛起来，越来越多的人开始能体会到运用古老原始智慧的乐趣和满足。但我此前从未想到可以在水面上追踪。因而从在希腊那座山上的那一刻起，我一直对水面追踪的可能

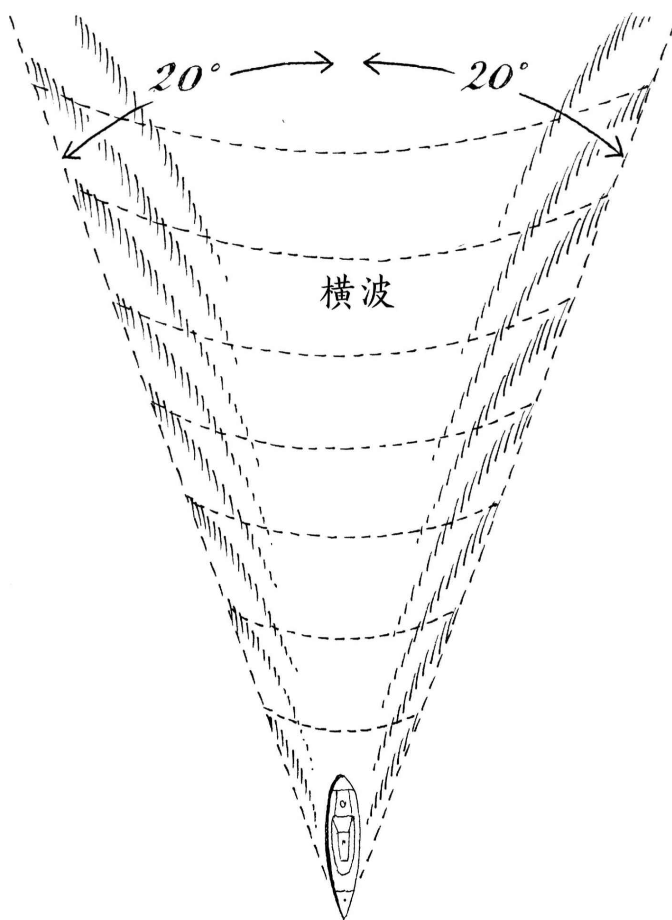
性抱有极大的兴趣。

人类的观察行为有一项普遍真理，那就是我们会更多地见到我们意料之中的事，而对我们没有预想到的却所见甚少。这个奇怪而简单的事实给任何对户外线索感兴趣之人都带来了重要影响。从我们的感官，尤其是眼睛处获得的需要大脑处理的信息非常丰富，这意味着任何能被我们的大脑自动确定为不相干的信息，都会很容易被过滤掉，而不让它们再来麻烦本就常常堵塞的意识。在本句话中，奇怪的的是大脑并不会录入跟在第一个“的”后面的第二个“的”。

我的主要工作不在于教会人们看到很难看出的东西，而是为他们展示如何注意到隐藏于显而易见的景象之中的事物。一旦你知道了石黄衣属地衣在屋顶和树干上很常见，但在阳光充足的朝南坡上更是随处可见，就会惊讶于这种你每天都会路过的颜色鲜艳的生物竟将自己“隐藏”得如此之好。没有比突然发现此种逻辑竟然出现在我自己身上更让我高兴的事了。在希腊海湾里发现那处水面踪迹便是这样一个时刻。从那时起，我开始留意到，任何在水上穿过的物体都会在水面上留下一道痕迹，它的长度远远超出我的想象，突破了我的认知。

一旦我们对这样新的细节变得敏感，它便似乎常常出现在任何地方，不管是在生活中还是文献里。因此当我发现以下现象时，我非常惊喜——不仅《水中日志》的作者罗杰·迪金在游泳时注意到了自己留下的伴流类型，水獭塔卡[102]也会留下这种痕迹，甚至当它在水下游泳时也是如此。事实证明，水深较浅处的潜水艇也会在水面上留下明显的伴流。

我的探索引领我开始了解伴流的相关科学研究，而踏入这个领域不可避免地便会遇到各种方程式和彼此碰撞的理论。令人敬畏的英国物理学家开尔文勋爵确实有一个数学发现，对它的了解和使用有助于我们更好地理解见到的伴流。船身留下的伴流会向外延展，直至与船的主要轨道成将近20度。由于它同时朝两边延展，这意味着一道伴流波与另一道之间成40度，而由于大部分平伸的拳头差不多是10度，这样一来，假如你站在船上往后看，左边的伴流波与右边的伴流波之间就是四个拳头。不管你搭的是什么样的船，也不管它的行驶速度是多少，更不用管你朝远处看了多远，结果都是如此。令人称奇的是，同样的角度还适用于鸭子游过水面，甚至棍子划过水面的情况。



伴流和开尔文的可靠角度

在很多船只留下的伴流里，主要的伴流波之间会生成一组波浪，大致与伴流波垂直。这种波浪被称为横波（transverse waves），每一道都形成一个圆圈的一部分，而圆圈越来越大（因而曲线会变浅），离船也越来越远。

和其他波浪一样，这些波浪的样貌依风向而变。在多风的日子里，在像泰晤士河这样繁忙的河边，你会发现相似的船只往相反方向行驶时留下的伴流看起来也会不一样。

自从那次在希腊见到那幅景象之后，我着迷的地方不在于船只驶过水面随即留下的水面干扰类型，而更多地在于船只会在自己的航行轨迹上留下更为持久的标记。船的正后方有一个区域，在那里被螺旋

桨搅起的水会涌到水面上来。我们很容易发现大部分船只驶过的水面颜色与其他地方不同，通常还会有很多气泡涌上来。很快这道翻滚的水痕平静了下来，然而水并不会完全恢复至原来的状态，而是保持一种怪异的玻璃般的光滑。很多年前就有人观察到了这种现象，它还获得了一些别称，比如静止伴流（dead wake）。这种伴流在很长时间内看起来都会与周围水面明显不同，时间长到远超我的预料。根据船只的大小、船速以及水面自然状态，我们有可能发现已经离开很久的船只的踪迹。

从阿曼的那座山上极目望去，我看到小渔船留下的痕迹在船只消失后至少还会持续7分钟，而阿曼的一艘军舰留下的水迹在它离开20分钟后还能被轻松看出。体积较大的船只留下的伴流波传播得更远，但不会留下长久的水痕，很久之后还可见的是它们巨大的螺旋桨搅动后又熨平的死水面。

在水中寻找这些精美的水痕迫使我们不得不磨炼出锐利的目光，并提高我们的辨识能力。倘若我们做得到，就有可能还会发现其他迹象。在阿曼，我向下凝视炙热的褐色岩石堆时，注意到一组看起来像是船只留下的水痕，它持续的时间如此之久，因而不可能是水痕。时间证明，它们只是我伫立之地下方的岬角周围最为轻柔的一种水流。

原文为“Stroma Yoles”，是北苏格兰的一种重叠搭造的渔船。

第十九章 罕见与非凡

在这一章里，我们来了解一些水体现象。它们不太可能常常出现，但仍然值得了解，因为一旦碰上它们，便会对你产生不小的影响。其中的某些现象会产生严重的效应，因而相对于我们已经了解到的一些轻微效应，这些现象获取了我们更多的关注，也更多地被我们谈论到。

开尔文波

地球的自转使海洋里产生一种叫“开尔文波”（Kelvin waves）的现象。其详细的科学原理令人瞠目结舌，但基本成因还算简单。搅动一杯茶，我们很容易看到茶水的运动会使某些地方升高，某些地方下降，也会看到在杯内四处打旋的细小波浪。地球的自转轻柔地搅起且推动了海洋，于是便形成了这些开尔文波。

由于开尔文波是单向传播的，也就是自西向东，海岸线便成为影响潮高的一个重要因素，因为朝西的海岸总是在经受潮水的冲击。开尔文波解释了为何朝西的港口往往会比朝东的港口更常出现巨大的潮汐，即便它们身处同一片海域。

海 啸

数十年以来，很多人常常交叉使用海啸（tsunami）和潮汐波（tidalwave）这两个名词，但这只会平添混乱。悲哀的是，在2004年的印度洋海啸造成了数十万的伤亡之后，这个世界才被迫面对并深入了解这种巨大的水体现象，因而我们也才搞清楚海啸与潮汐波之间的区别。

海啸与潮汐毫无关系，它是海底在受到巨大能量冲击时所产生的一种海洋波，通常由地震或火山引发。这种地震冲击引发一组波浪，它们在形成初期有着惊人的波长，波高却较低，仅有大约一两英尺高，周期不超过10分钟。2004年，人们首次使用雷达检测到了早期海啸波高的精确数据：地震后2小时，这些波浪经测量达到了2英尺高（60厘米）。

在这一时期，这些波浪还算轻柔，但随后它们从自己猛烈的诞生地辐射开去，通常以每小时500英里的惊人速度传播。跟其他波浪一样，它们在向开阔的洋面上扩散时波高实际上会略微降低。2004年的那场地震之后过了3小时15分钟，波浪降到仅仅1英尺多高（40厘米）。

对于说明以下物理现象，没有比海啸更好、更令人生畏的例子了：水波的波高和波长在到达浅水区后会发生改变。当这些很长且较低的波浪到达沿岸的浅水区时，它们的波长变短，并被抬至毁灭性的高度。那些之前还不到膝盖高的波浪摇身一变成为100英尺（30米）高的致命海啸，横扫沿岸的居民区，导致来自14个国家的23万人在2004年12月失去了生命。

海岸边少有的、能预示海啸可能正在逼近的迹象是海水的突然退去，因为它们被吸到海中，卷入了正在发展壮大的波浪中。安达曼海[103]的海上吉卜赛人莫肯族注意到了这个现象，他们是少数能够认识到这种迹象的严重性并及时撤离的民族之一。萨利赫·卡拉塔莱是一个用鱼叉捕鱼的渔民，他曾注意到蝉这样的动物异常地安静下来，便在村里四处奔走以警告村民。村民们被这种征兆说服，全部转移到高地上去。海啸摧毁了他们的村子，但他们却活了下来。

对于一种波浪没有其他解释时……

如果长期观察沿岸的一片浅水，你可能会见到与我们之前所提到的波浪不同的类型。有的可能是涌浪从远处赶来而引发的，有时局部风也会引发很多波浪。还有一些时候，你会看到船只伴流引起的波浪，不管是来自附近还是远处的船。

但如果没有涌浪，没有风，也没有伴流呢？波浪还可能会形成吗？答案是肯定的。正如我们在前面所了解到的，潮汐可以被看作是环绕半个地球的超长低波。但我们也了解过，波浪只要到达浅水区后就会缩短——波长变小了。

偶尔，我们还可能看见涌到岸上的一种波浪，它们源自潮汐绕地球运动。这些是真正的潮汐波，尽管相当常见，它们却极少能被识别出来。

涌 潮

假如以上提到的潮汐波遇到狭窄的地方，又受到海峡的摩擦，便

会抬高生成一种可怕的波浪。又假如新生成的这组湍急的波浪迎头撞上向外的水流，结果就是很多压力聚积起来，释放后形成一种能量巨大的高涨波浪，它们被称为“涌潮”（tidal bore）。由于地形和潮汐律是不变的，因此在某些地方可以预见涌潮的出现，而在另外一些地方则无法预测。塞文河[104]的涌潮出了名地强劲，人们可以在上面冲浪。

法国的塞纳河也有涌潮，其法语名称为*le mascaret*。在它的特性还没有被详细记载、了解或者预测的时代，维克多·雨果的女儿和她的新婚丈夫曾在涌潮中丧生。

无潮区

驱使潮汐上下涨落的所有动力在某些地方会彼此抵消，从而使海面毫无高低潮之分。这些地方被称为“无潮区”（amphidromes）。无潮区仍旧有水流流动，但是水却没有做垂直运动。它们通常位于远离海岸的海面上。由于英国周边的海面不存在任何无潮区，所以除了激发我们的好奇心，它们影响甚微。

超级巨浪

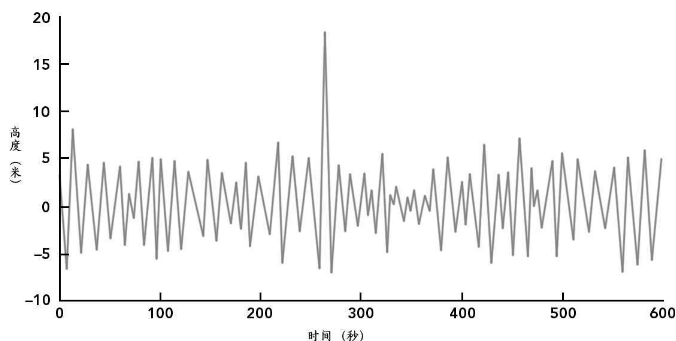
1883年2月，一艘巨大的蒸汽轮“格拉摩根号”遇上了巨浪，滔天的巨浪砸向船体，撕裂桅杆，摧毁甲板室和船桥。这艘320英尺长的大船于次日沉没，却为44个船员留出了充足的时间搭乘救生船逃亡，也给了他们讲述这次骇人巨浪的机会，其威力没有任何一艘船能够招架。

几十年以来，科学家们一直认为海员们所描述的巨浪太过夸张，让人无法相信。他们口中的巨浪让其同类相形见绌，并能整个儿吞没船只，科学家们以为，这不过是水手们幻想出来的海上见闻闲谈罢了。他们之所以这样认为，是因为几乎所有描述海浪动态的数学模型都显示，不可能会出现这样顽劣的巨浪，因而它们也就不可能存在。数百个目击案例都无法撼动数学家们所建立的波浪方程式。

事实证明，科学家所依赖的这个模型对于海浪动态的理解有些过于简单了。这种理解在1995年1月1日发生了改变。那天，一波海浪袭击了北海的一处油气钻井平台。这道波浪无论如何也无法与科学家们的模型匹配。经激光传感器测量，它高达25.6米（84英尺），比其他波浪波高的2倍还要多，在当地已经是非常巨大的波浪。钻井平台

只是受到了一些微小的损伤，然而支配我们对于波浪可能形态理解的数学模型却被砸了个粉碎。

一般来说，风在海面上制造的波浪都能完美归于特定的大小分类中，这些普通的波浪同样完美适用于数学模型。正如我们所了解到的，风力、距离以及时间长短一般会制造出波高特定的波浪。但有一个重要的历史性误解，那就是这些类型不过是仅供参考的可能情况，无法被归类于预测大小的波浪确实会出现，只不过没有那么频繁。归根结底这是个概率问题，可能会有一百道大小差不多的波浪经过，但这并不会改变一个事实：还是存在很小的可能性会经过一道大得多的波浪。正如船长们（起码是幸存下来的船长）几个世纪以来所知道的那样，存在一个极小的概率会偶尔出现骇人的巨浪。



1995年元旦，北海的一处油气平台监测到的巨浪验证了“超级巨浪”的存在

前面我们讲述的一些因素可能会增加大浪还有超级巨浪（rogue wave）生成的可能性，比如强大的水流遇上被风吹成的大浪。可能这就是为什么某些地方对巨浪和神秘海难的记载比其他地方都更多，其中最广为人知的可能是南非附近的厄加勒斯角。除了避开这些区域和风暴（这对于如今的海员来说并不可取，对过去的人来说当然也行不通），目前我们没有办法准确预测这些波浪可能会在何时何地袭击过往船只。有点讽刺的是，最新的科学研究证明，传统的宿命论水手哲学还是有一些可信度的，它认为当你的命数尽了，那就是尽了，正是这样。

排水孔谜题

向内旋转的巨大涡流在北半球逆时针旋转，而在南半球顺时针旋转。旋转方向由地球自转引起的科里奥利效应决定。在大的层面上，这种运动是非常可靠的，预报员们据此能够预测低气压天气系统以及

洋流的变化。在天气或海洋这样的大系统里，这些变化真实可信，然而让科学家们长久以来一直困惑的是小范围的水体会如何变化，直到如今他们依旧在证明这种效应。

事实是，科学家们普遍赞同所有水体都以这种方式变化，小到……浴缸里的水，但在这里他们的意见出现了分歧。有的人，比如法国的液压工程师弗朗西斯·比耶塞尔，认为浴缸尺寸太小，无法证明这种效应，他觉得世界各地所有浴缸里的水都会随意朝某一方向旋转。但是美国工程师阿舍尔·夏皮罗不想让自己美好的沐浴时光被破坏掉，因而建立了一项对照实验，想要一次性解决这个问题。夏皮罗在1962年称，在美国麻省理工学院的实验条件下（因而在北半球），浴缸里的水在进入排水孔时会固定地逆时针旋转。他的实验结果并未得到广泛认可。大家一致认为实验的原始条件对结果影响巨大：缸里的水需要静止至少24个小时以排除残余波动。

为了证明拔掉塞子后水的运动方向的灵敏性，你只要在拔掉塞子前用手快速搅动一下塞子附近的水。不管你往哪个方向搅动，水在流出时都会以相同方向旋转，它并不会因为你身处不同的半球而有所变化。

对浴缸实验的一个合理总结是：在北半球任何较大的水体系统中，水会因科里奥利效应逆时针旋转，但是涡流越小，水的原始状态便越有可能影响你看到的运动方向。你可以很有把握地预测海洋涡流的旋转方向，但想要准确预测像浴缸中那样小的涡流，就需要将你的浴室改造为无菌实验室，其中不能有任何空气流动，且需要等待至少一天再拔掉塞子，理想情况下应使用机械臂拔。

露天水渠

在英国的偏远地区，假如你遇到一种向远处延展的迷你水渠，你发现的很可能是一道露天水渠（leat）。在偏远地区，这些在土地里用石头铺就的水道能将淡水从一个地方引至另一个地方。达特穆尔高地[105]的水渠是一个很好的例子，它绵延几公里，像是一道朴素的罗马渡槽。

海龙卷

我永远不会忘记多年之前驾着一架轻型飞机飞回英吉利海峡上空的那次经历。那本是阳光普照的一天，我注意到怀特岛以南几英里的

上空高耸着一朵不祥的云彩。这朵云莫名地让我觉得不安，我研究了它好一阵子才看到它下面旋转着的细细水柱。我见到了迄今为止我唯一一次见过的海龙卷（waterspout）。我斜身飞离云彩，给空中交通管制发去无线电，报告了它的存在，他们承诺把这个现象告知其他空中飞行人员以及海事部门。

海龙卷有两种，一种是旋风式的，另一种是非旋风式的，我在那个夏日见到的是后者。非旋风式海龙卷只出现在局部地区，且常见于晴好天气。它们的生命周期很短，尽管风速在有些地点可能比较惊人，但它不会引发大范围的灾难。正如其名字所表明的，旋风式海龙卷是海面上的龙卷风，它们是完全不同的暴烈品种，会对大面积区域构成严重的威胁。

泰晤士河水闸

我的航海同好约翰·帕尔是个泰晤士河迷，他说泰晤士河水闸（Thames Barrier）偶尔会让我们得以见识一种在其他地方很难见到的现象：潮水在退潮时上涨。当水闸升高，退去的潮水无法下落，因而外流的潮流在试图把水带到海洋里时受到了水闸的阻挡，于是河水越积越高，便形成了落潮上涨这样的奇怪效应。

海洋流涡

科里奥利效应使得北半球的大洋流顺时针偏离，而南半球的逆时针偏离。当这种效应叠加上海洋被陆地包围的方式，在某些地方的结果就是会形成一种海洋流涡（ocean gyre）——旋转着的巨大水体。

海洋流涡会汇集漂浮物，不管是自然还是人为的漂浮碎屑都会被卷入这些旋转的系统之内，且常常长达数年。这使某些地方不幸成为垃圾聚集区，有一处海域已得了一个耻辱的绰号——“大太平洋垃圾带”（The Great Pacific Garbage Patch）。

海上长堆

传统而言，“长堆”一词指的是收获时分我们在田野里看到的一排排倒下的谷物，但这个词已经被借用于描述很多事物排成一长条的景象。

风在吹过辽阔的海面时会形成一种叫朗缪尔环流

（Langmuircirculation）的现象，在那里会形成水流漩涡，它们就好像是海洋里的螺旋开瓶器。这些螺旋水流形成一排排的长线，与风吹的方向平行。漩涡迫使有些地方的水上升形成长堆，而另外一些地方的水则下陷。最后的结果就是海面上形成了可见的长长水线，它们中既有相对平静的水面，也有波涛汹涌的水面，还有海藻和其他漂浮物。

如果在海上见到长长的直线，且与风向平行，那么你看到的很可能就是海上长堆（windrow at sea）。（但是记住，假如你是在微风轻拂的一天在海岸边看到了一道道平静光滑的水面，你看到的则很可能是涟漪中的浮油纹，具体见“解读波浪”一章。）

漩 涡

假如强大的潮流遇上合适的地形，这些高速的水流便会旋转起来，成为“漩涡”（whirlpool）。在几英里开外的地方都能听到最大的漩涡的声音。苏格兰朱拉岛附近的科里弗雷肯是世界上最大也是最具威力的漩涡，1947年，它差点儿溺死了乔治·奥威尔[106]。

滑溜水

在1968年举行的阿卡普尔科[107]奥运会上，帆船手们经历了一种叫“滑溜水”（slippery sea）的复杂现象。从壮观的河湾到适中的河流，你很有可能会花一些时间站立于河水与海洋交汇之处，尤其是因为那里还是非常受欢迎的景点。

当潮水退回到海面上，河流里的淡水有时也会流向海洋。淡水要比咸水轻，因而这两者并不总能均匀混合，咸水之上可能会覆盖一层淡水，尤其是当水温较高，也就是可能在夏季，这种情况更容易出现。

这片滑溜的水层与其下面的海水还有它周围的水面有着明显不同的特性。风会驱使这层水向前移动，移动方向可能会与下面的咸水不同。1968年的奥运会上，帆船手们需要比赛策略家们帮忙弄清楚为何相邻的水面会朝如此违背直觉的方向移动。

“火把威尔”与“灯笼杰克”

在某些静水中，比如沼泽地里，细菌以水面下堆积的生物尸体为

生。这些尸体耗光了水中的溶解氧。细菌可不会轻易放弃，厌氧菌在此时登场，它们运用不同的处理方式分解腐烂的动植物尸体。厌氧菌生成甲烷，当太多甲烷形成时，它们便会以气泡的形式从水面上冒出。这些气体偶尔会自燃，在水面上形成跳动的蓝色火苗。这些火苗得了很多诨名，其中包括“火把威尔”（Will-o'-the-Wisps）与“灯笼杰克”（Jack-o'-Lanterns）[108]。这些名号在英国乡下还有很多变体：“灯笼霍比”（赫特福德郡及东安格利亚[109]）、“千木辛基”（萨默塞特及德文郡），以及“灯笼佩格”（兰开夏郡），在那里这些火光与恶魔传说交织在一起。它们仍停留在我的“非常乐于有一天能见到它们”清单上，希望你能有足够的运气见到它们。

绿 闪

倘若在鸡尾酒时分与航海人员长时间待在一起，不久你便会听到有人讨论“绿闪”（green flash）。当大气条件适宜（特别在出现“逆温”这个气象现象时），在太阳刚刚落下后或升起前的一个短暂的片刻里，那时太阳光的红光和黄光无法折射到地平线上，但是蓝光却被大量折射，并完全散射在大气中。此时，只有一种颜色能够从地平线之下进入你的眼睛。倘若足够耐心和幸运，你会看到地平线上迸发出明亮的绿光。绿闪很少出现，带有一些神秘性，但它是一种真实存在的现象，因此有可能被观察到。

如果碰巧注意到太阳在垂直方向上被略微拉长，而不是像常见的那样被压扁，这便说明出现了逆温现象。此时暖气团压在冷气团顶端，为绿闪提供了一个理想的观察条件。

飞 鱼

在夜晚时分的海面上，独自待在船上的感受混杂着喜悦与恐惧。你会惊叹于海洋的辽阔与夜空的星光璀璨，它们让你意识到你在蒙受大自然的恩赐，所以当下最好的做法就是好好享受此时美好平静的时光。2007年12月，我曾在大西洋上享受这样的时刻。我欣赏着火星和猎户座，聆听着船头破开温和的水波时有节奏的拍打声，这让人心旷神怡。正在这时我遭受了一个意想不到的打击。

我规划了一条走过小船甲板的路线，准备检查船帆和索具，再随意地将前晚冲到船上的飞鱼（flying fish）扔回海里，虽然它们大部分都已经死了。我并没有将它们煮了吃（托尔·海尔达尔[110]和他的船员们是这样做的），但我确实从一个事实中获得了一点安慰，那就是

在世界的这一处很难会饿肚子，因为可食用的鱼会跃出水面，几乎是直接飞到锅里。有一晚，在我慌乱的捡拾中一条飞鱼活着回到了海里。但在此之前，它以高速重重地撞到我的脸上，引发了鱼和我扭动拍打的搞笑场面，让我咒骂不止。

自从这次飞鱼唐突地做了自我介绍后，我一直对它们抱有一点痴迷。人们普遍认为飞鱼有60到70种，分为双翼和四翼两类，鱼身能长达半米。严格说来它们并不会飞，而是用不动的翼状鳍滑翔，一次可以滑50到300英尺。最高纪录发生在日本，在那里有一只飞鱼被拍到滑翔了45秒。这听起来似乎不怎么样，但试着与无法从水中起飞且滑翔半秒的人类比比吧。

它们的飞翔是一种逃生技能，这非常巧妙，不仅因为它赋予此鱼的速度能让它们离开水面，还因为这使得飞鱼能够表演一种消失于镜后的魔术。这种鱼利用了特定角度下的海面可以作为镜子这一现象，因此捕食者没法知道它们的行踪。

这跟我们在水下从低角度观察水面时能够看到天空是一样的效应。在水下游泳的时候可以一试。你直直地往上看向水面，会看到很多东西，但是在以接近水平的角度看向水面时，只能看到明晃晃的一片。举个例子来说，有人站在游泳池边时，你只能从水下看到他的头肩，却看不到他的下半身，这种情况非常常见。

像蝴蝶一样，飞鱼也有很多美称，大树莓、豹翼、佩伯军士、阿帕切粉翅、紫烟、紫罗兰祈雨师、太平洋巫师等。

它们的翅膀通常会呈现斑斓的色彩，这些颜色在它们死后会很快消失，其原因至今仍是个谜，求偶与防御都无法充分解释它们。我十分钟情这些无法被轻易解读的美感。

它们一般只会出现在水温20多度的温暖海域，是热带表层水中最常见的鱼种之一。

蜃 景

水面附近的空气会明显比更高处的空气冷，这个现象很常见。当你遇到上下存在温差的空气层时，它们可以充当透镜，将通过它们的光线弯曲。

条件适宜时，光线的弯曲会使正常高于地平线的事物看起来像是刚好出现在海面上一样。因纽特人将蜃景（looming）这种效应称为

puikkaqtuq，翻译过来大意为“突然出现”。他们利用这种效应来为自己找到航线，并从远处发现陆地，而一般来说这并不可能。同样的效应也为太平洋岛民们所熟知，在那里这种方法被称为*te kimeata*。

辫状河

我们最有可能见到河流在较低的河段蜿蜒流淌，但如果水沿合适的坡道流下，坡面上又有适宜的沉积物类型，那么主流便会分裂为十几股较小的细流，因而出现“辫状河”（braided river）。辫状河中的细小河道在沙洲和岛屿之间彼此交叉。（在更大的层面上，辫状河与我们在“海滩”那一章里讲到的“流痕”是一样的效应。）

“braid”一词来源于中世纪的英语单词“breyden”，它的意思是突然移动，词根来自古英语“bregdan”——划动，比如划动一把剑。它用在这里非常合适——水道常常抛却旧水道跳入新水道，几乎是突然随机地改变方向。

水下闪电

我听过的最神秘的水面迹象可能是“特拉帕”（*te lapa*）——水下闪电（underwater lightning）。当戴维·刘易斯与太平洋岛民们一起航行时，他们让他往深水中看，在那里他看到了闪烁的光束。岛民们惯于用这些光束进行导航，因为它们会固定地从陆地方向发射过来，在远离岛屿80到100英里（这远远超过可视范围）时看得最清楚。

对于这些闪光，所有的科学解释仍然停留在猜测阶段，它们可能是自陆地上而来的反射波造成的生物发光。但它仍旧是个谜，留待我们揭开。

第二十章 未知水域：结语

当戴维·刘易斯这样的学者在20世纪下半叶开始研究波利尼西亚和密克罗尼西亚等太平洋岛屿时，发生了一种奇怪的知识共生现象。

太平洋岛民们没有充分认识到自己所掌握的知识的珍贵性，于是听任这些知识随着使用那些技能的最后一代人一起消亡。在西方超凡的技术甚至是GPS面前，这些古老的方法一定让人感觉微不足道。讽刺的是，西方人的这股兴致重新唤起了岛民们的意识，使他们发觉自己所拥有的知识不仅与众不同，而且是独一无二。在地球上，还没有哪一个地方能像这里一样，拥有如此丰富的古航海术，并且仍具活力。太平洋岛民们陷入了跟西方一样的困境，他们认为一件东西不再必不可少，因而也就失去了全部价值。一场复兴运动随后兴起，它在太平洋航海协会这样的组织中达到了顶峰，这个组织仍在保存和传递地方技术和遗产。

诚实地讲，我很羡慕像戴维·刘易斯这样的先驱者，他们能够踏入并探索这些未开发智慧的丰富领地。对于实用航海研究来说，这是一次全新的涅槃，而我错过了几十年的时间，只能怪自己出生得太晚了。

有一套故事集名为《开拓集》[111]，里面记载了一系列9世纪和10世纪斯堪的纳维亚人定居冰岛的经历。在其中一部名叫《豪克之书》[112]的书的第二章，有一些关于维京人找到正确航线的有趣记录。其中最激发我好奇心的是，里面提到了在从挪威到格陵兰岛的西航中所使用的一种保持自身纬度不变的方法。

书中指出，航海家们应尽量向南行驶，直到看不见冰岛且能看到鲸鱼出没，但又不要太靠南而失去“朝海岸飞翔的鸟儿”的踪迹。这明显是一种古老的海上自然导航方法，被用于距太平洋几千英里的海域里——同时它也将我们所掌握的最早的资料来源提前了好几个世纪。让我深感意外的是，我没有在任何地方看到有人对这些方法做过实用调查。有一阵我甚至愤世嫉俗地想，这可能是因为对于学者来说，在热带岛屿的金色沙滩上做六个月的学术委派研究，要比驾驶小船在冰冷的海面上破浪前行更有吸引力。事实更有可能是，太平洋的传统航海术仍在被现世的航海家们所践行，而维京人却早已销声匿迹。

关于实用维京航海术的学术研究太过集中在日光石（solarstein）上了。它是一种半透明的冰岛晶石，据称维京人曾用这种晶石帮助他们在乌云密布的日子里找到太阳的方向。

我的个人观点是，即便维京人真的使用日光石导航，那它也只是一种象征——象征着一位航海家的高超技艺及崇高地位——而不是严肃的导航设备。无论如何我也想象不出一种情境，即在高纬度地区，日光石会比本书中提到的维京人所熟知的方法更为有用，特别是我在仔细分析了水和风、陆地和动物之间的关系后更是如此认为。

思考这些东西带给我一种熟悉的感觉，它令我想起一个古挪威词*aefinty*（冒险），这个词被用来传达一种永不满足的好奇心。

我跟好友约翰·帕尔准备从奥克尼群岛的柯克沃尔出发朝北航行。我的目标是研究维京人是否真的能有效利用鸟类、鲸类及其他自然迹象计算出自己与冰岛的距离。约翰很乐于协助我研究这些方法，他非常热衷于北大西洋上这次令人疲乏的假期，而大多数人只会被这样的航行吓到。

最后的准备工作把我们累得气喘吁吁。我们用人力将差不多半吨的供给品拖到了32英尺高的帆船甲板上。数百公斤的燃料和食品从护栏上传了过去。六只鲜红的油桶必须得捆在船尾处，而汤罐头不得不被塞进船上的某些地方，要是一年能见上一次太阳，它们就算幸运的了。

松开缆绳，我们在细雨中出发了。我们经过瓦萨礁（Skerry of Vasa）附近，海豹在那里觅得一束阳光，正享受着自己的午后小憩。苏格兰海域使用“Skerry”一词来表示孤立的“干出高地”，比如一处礁石或岩石岛，通常它们在高潮时会被淹没。在与韦斯特雷湾的波涛小小地抗争了一番后，我们挂起船帆，开始朝西北方行驶。风、潮流和地貌彼此协作又对抗着，我欣赏着水中由此形成的各种形态。太阳及掠过的云彩在浅水区投下了阴影，海水的色彩于是跳跃起来。随着陆地渐渐向南落在船尾，海面稳定了下来。几小时之后便是傍晚，然而光线依旧明亮。天空中满布让人震撼的卷云。

在海上的第一晚（如果这微弱的黑暗能被称为夜晚的话）我们首次也是唯一一次看到了星星。由河鼓二、天津四和织女星组成的夏季大三角清晰可见，指向南方，而橙色的大角星在西边的天空上洒下明亮的光辉。北斗七星和北极星刚好可见，它们比我通常在天空中看到的位置还要高。不到一小时，灯光增强，这些星星便隐匿了光辉。此后的航行中它们不会再出现。

最初的几天里，我们调适着自己，忘却陆地上的舒适生活，重拾近海航行的本领。在一条腿上泡茶的技能重新得到发挥，我们的口味也开始适应海上的生活。陆地消失之后，咖喱罐头品尝起来像是世上最美味的食物。

除了能够休息，两人航行与独自航行没什么两样。在好几个小时内你都是独自一人，在值班交接时交换一下新情况，再回到床铺享受睡眠。我和约翰并不一样，每当发现新的水纹形态，或是发现海浪转向而它下面的涌浪却拒绝改变方向时，我都兴奋不已。从“猫爪”到温和的长波，还有海浪上的泡沫以及随着水深和天气而不断变换的色彩，水向我坦露着自己的故事，而我的感官为之兴奋异常。

随着法罗群岛的临近，天空出现了一些大气现象，维京人一定能轻而易举地解读它们。我们在正前方的地平线上看到了大团的云彩，没等我们亲眼看到陆地便暴露了它的存在。维京人在《开拓集》里描写的那些“险峻高耸的山峰”使得空气升腾，随后又得到冷却，从而生成云、雨和雾。

我们望着云彩慢慢散开，陆地清晰地呈现在眼前，光秃秃的黑色峭壁显现出它的轮廓。

随着渐渐靠近法罗群岛，我们需要通过一处防潮闸，但我们到得有些早。流经法罗群岛的潮流令人肃然起敬，特别是对于那些驾驶帆船的人来说。在距它还有20英里时我们便顶风停船了。如果要在群岛东边航行，我便不想让自己在距离更近时被迫艰难行驶。滞航后，风从船身背后吹来，成为东风，并加强到5级。在近岸，5级风近乎完美，但在开阔的水面上它肆意吹拂，让人感觉更像是8级风，海面状况很快令人感到不适。主帆在进行第二次缩帆后，船身愤怒地随着每一道波浪颠簸，这预示着法罗群岛著名的潮流就要来了。

所幸天空又转晴了，大海平静了一些，不出4个小时我们就到达了卡尔斯岛湾口，并驶入我们有幸遇到的最为怪异的航道之一。险峻的深色峭壁浮现在前方，之后又挡住了低沉的太阳透过云彩费力投射下来的大部分微弱阳光。

风将我们向北推进。夜晚充其量也只是比灯光略暗一些，它变得越来越短，最终完全消失。日出和日落不分彼此。我们做到了，我们已经到了北极圈。

我们转为向西航行，沿着冰岛最北端驶向格陵兰岛。领航鲸、虎鲸还有海豚从我们附近游过。在驾驶帆船时遇到鲸鱼总是一次深刻的

经历，这些生物的出现让人心弦紧绷，它一边让你感受到自己的在场，一边又漠然地继续它们的旅程。有一只海豚倒没那么冷淡，它高高飞入空中，其精湛的杂技让我们赞叹不已。

之后，我们驶入来自东格陵兰洋流的一股支流，在这儿海水明显变换了颜色。这股洋流来自遥远的北方，它冰冷但营养丰富的水中孕育了繁盛的浮游植物，从而将海水转变为一种乳蓝色，与我们先前行过的颜色如黑色岩石的深水大相径庭。有时我们还会在这两种水域之间的水面看见一道分明的界线，好像两条大河在此汇合。这股洋流在太空中也清晰可见。

气温骤降，我们望向地平线处以搜寻冰山的存在，并打卫星电话确认在这个季节此处是否报道过冰山的存在。

我们从西北方渐渐逼近冰岛，眼前展现出一种壮丽的景观，其中的山峰像是来自电影《指环王》一样。我们渐渐靠近陆地，小心翼翼地驶入冰川峡湾。经过德朗加冰川后，我们驶入未被标记的浅水海域。在我们的世界里，谷歌地球能将我们带到南极洲中部的山顶，卫星电话能将地球两端相连，维基百科也能够回答任何你从未想过要问的问题。因此对我们来说，未知的东西总是有一种新奇的力量。

现在我们正向南航行，从冰山上朝我们的正西方落下的猛烈7级下降风推动着我们前进。在大雾中，海鹦帮我们指出陆地的方向，因为它们总是成群结队地一次次飞向陆地。

雷克雅未克出现了，雄伟的哈尔格林姆斯教堂矗立在一列建筑之中，夹在海水与雪山之间。一方面我们想要继续朝西或朝北行驶，以探索更多人迹罕至的、神奇又美丽的水面，另一方面又想要慎重地决定以愉快的心情安全结束我们的航行。一千多年前，红发埃里克[113]选择了前者。他继续向格陵兰岛行驶，但之后在他那支由24艘船组成的船队中，有一半的船都不幸遇难，没能到达目的地。

和维京人不同，我们将船停泊。曾在伦敦一家饭馆里比画着海图的手指，经过辛苦的付出，带领我们穿过了法罗群岛，到达北极圈，又进入未知水域，完成了一次难忘的航行，想到这儿，我们都禁不住微笑起来。随后，和所有头脑清醒的水手在漫长航行的结尾所做的一样，我们信誓旦旦地说要前往一家酒吧，最后却都迅速踏入梦乡。在柯克沃尔和雷克雅未克之间超过1000海里的海洋上，我们没有见到一片船帆，没有任何航船的影子。

此次航行结束后，我撰写了一篇学术论文，名为《自然雷达》

（“Nature's Radar”）。论文全文发表在《英国航海学会期刊》（*Royal Institute of Navigation's Journal*）上，在我的个人网站(http://www.naturalnavigator.com/thelibrary/natures-radar-natural-navigationresearch)上可以免费获取。我们的航行帮助确认了鸟类和其他自然迹象确实可以有效地在北方水域中估算出自己与陆地之间的距离，就像维京人曾断言的那样。

论文发表后不久，军方赐予我一个莫大的荣幸，他们将《自然雷达》这篇文章压缩为几行话，印在全英国军用飞机里的生存活动挂图上。

> 在随机的5分钟之内，如果你能看到超过十只鸟，不出40英里便是陆地；而假如你只看到一两只，那你和陆地的距离超过40英里；处于两者之间则无法确定。

我们已经见识过午夜的太阳和令人赞叹的野生生物。鲸鱼让我感到一定的敬畏，而狮鬃水母那令人战栗的美也让我惊奇。然而，在我的内心产生最为强烈共鸣的，还是水中出现的各样水纹形态，以及它们与陆地、天空、动物还有植物的关系。这些水的形态从未停止变换，却又永恒不变，而涟漪从我家后门的水坑里一路绵延到北大西洋。

身处未知的水域，周围环绕着冰川，我们从小船上向下望去，运用色彩来理解我们周围的海水，此时我领悟到我们的北极圈之旅已经为本书画上了一个圆满的句号。不管从实用角度还是就乐趣而言，这本书中所提到的每一种迹象、线索和形态都在那次航行中帮上了忙。假若多年之前我没有做出品鉴研究家乡附近的海水这个决定，大部分迹象我就无从发现或理解。

要是让我在再次踏上这样的航行，以及知道我可以在家乡附近看到所有这些迹象两者之间做出选择，无须犹豫我便能做出决定。

来源、注释与延伸阅读

第一章 陌生的开始：引言

“倘若世上……”：Loren Eiseley, http://todayinsci.com/E/Eiseley_Loren/EiseleyLorenQuotations.htm.（于2016年6月8日访问。）

阿卜哈拉的航海故事：George Hourani, *Arab Seafaring*, pp.114—117.

航海智慧（isharat）：G.R. Tibbets, *Arab Navigation*, p.273.

太平洋岛屿参考文献：David Lewis and Stephen Thomas, *passim*.

海上行话（kapesanilemetau）：Stephen Thomas, *The Last Navigator*, p.26.

会客室（maneaba）：David Lewis, *We, the Navigators*, p.202.

“不要以为土著……”：Harold Lindsay, *The Bushman's Handbook*, p.1.

伊恩·普罗克特：Ian Proctor, *Sailing Strategy*, p.1.

“这套本领真正独一无二……”：http://voices.nationalgeographic.com/2014/03/03/hokulea-the-artof-wayfinding-interview-with-a-master-navigator/.（于2015年3月4日访问。）

第二章 扬帆起航

“当气压突然降低……”：Paul Younger, *Water*, p.14.

第三章 如何在池塘中看见太平洋

库克船长： *A Voyage Towards the South Pole and Round the World*, Strahan and Cadell, 1777, p.316.

水感（*meaify*）：Thomas, p.78.

马绍尔群岛：感谢戴维·刘易斯，*The Voyaging Stars*, pp.117—119。

像“看人脸”：Lewis, *WTN*, p.132.

希波、“大浪”和“大鹫星”：出处同上，p.130。

第四章 陆上涟漪

1885年，南澳大利亚州政府：Linsay, p.20.

黑杨是英国最濒危的乡土树种：https://www.woodlandtrust.org.uk/visitingwoods/treeswoods-and-wildlife/british-trees/native-trees/black-poplar/.（于2015年5月11日访问。）

河，溪，川，谷，涧，河口：Nigel Holmes and Paul Raven, *Rivers*, pp.18—19.

第五章 不那么卑微的水坑

“下次当你接了……”：A.M. Worthington, *A Study of Splashes*, p.30.

亚当·尼科尔森：Adam Nicolson, p.56.

“通往另一维度的一扇窗”：http://blog.eyeem.com/2012/07/how-to-shootpuddleography/.（于2015年4月15日访问。）

第六章 河流与溪水

1920年代，曾有人试图依照生活在河里的鱼的种类来对河流水位进行分类：Holmes and Raven, p.123.

小溪不过是能跨过去的河：出处同上，p.15。

圣瓦伦丁节前的雨：Simon Cooper, *Life of a Chalkstream*, p.118.

桥梁形状：Holmes and Raven, p.65.

“此生我将永远流浪……”：Gisela Brinker-Gabler (Ed.), *Encountering the Other(s): Studies in Literature, History, and Culture*, p.297.

能够追溯到古埃及的洪水标记习惯：Daniel Kahneman, *Thinking Fast and Slow*, p.137.

虉草：Holmes and Raven, p.194.

它可以说明夏季时你周围的地下水面：Younger, p.24.

假如地下水面涨至与地面齐平：Philip Ball, Flow, p.40.

螺类贴附在水面上：Cooper, p.215.

大麻叶泽兰、柳兰以及幼小的柳树等先锋种：David Bellamy, *The Countryside Detective*, p.140.

“音调高于……”：Chris Watson，引自*Caught by the River*, p.63。

蜻蜓的身体要比火柴棒粗：Bellamy, p.136.

鸬鹚这样的鸟类喜欢鱼：与约翰·帕尔的私人谈话。

鳗鱼的迁徙易受水温、月相，甚至气压的影响：http://www.int-res.com/articles/meps2002/234/m234p281.pdf.（于2015年7月21日访问。）

“黑尾判断法”：Holmes and Raven, p.124.

“牛腹”：感谢户外摄影师、作家多米尼克·泰勒，是他让我在科茨沃尔德的一次多人演讲中意识到了这个现象。

泥岛的角色就像是堵在水龙头处的拇指：Proctor, p.10.

“我如今已是耄耋之年了，在我死后进入天堂时……”：引自

Jonathan Raban,*Passage to Juneau*, p.291。

“坚毅漩水”：Rebecca Lawton, *Reading Water*, p.46.

“在科罗拉多河，漩水称霸水面……”：出处同上，p.45。

列奥纳多·达·芬奇为这些小小的漩水着迷：Philip Ball, p.10.

“大漩水生出小漩水”：出处同上，p.175。

每一段5倍于河宽的水面上都会出现一处浅滩——水潭：Holmes and Raven,p.91.

第七章 上浮

约翰逊和戴维：Holmes and Raven, pp.273—274.

干蝇飞钓或许可以追溯到……维多利亚时代的人：Cooper, pp.7 and 31.

“它的全部精髓在于思想……”：Brian Clarke, *The Pursuit of Stillwater Trout*,pp.12 and 16.

没有胃：Cooper, p.167.

偏振光太阳镜、宽檐帽，从暗到明：John Goddard and Brian Clarke, *Understanding Trout Behaviour*, pp.19—24.

“当一丝涟漪在你前方荡过……”：Cooper, pp.160—161.

倒影弯成“S”形：Goddard and Clarke, p.57.

维多利亚时代的人将褐鳟划分成几种不同的种类：Holmes and Raven,p.259.

“一缕光线”：Cooper, p.112.

向桥下搜寻：Cooper, p.46.

G.E.M.斯卡司上浮类型：Kenneth Robson, p.35，摘自*The Way of a Trout with a Fly*。

G.E.M.斯卡司认为那只是神话：Robson, pp.158—159.

克拉克上浮类型：Clarke, pp.110—121.

第八章 湖泊

6750升：Heather Angel and Pat Wolseley, *The Family Water Naturalist*,p.10.

“我们的大脑从嗅觉处获得信息的路径要不同于……”：Wallace Nichols, *Blue Mind*, p.95.

忽略一只老鼠的微弱气味：Tom Cunliffe, *Inshore Navigation*, p.64.

在极为清澈的湖水中，这一水层的深度可达50米，而在浑浊不堪或富含藻类的湖水中仅为50厘米……：Mary Burgis and Pat Morris, *The Natural History of Lakes*, p.25.

事实上，只要你有心，你也可以在厨房里做自己的温跃层实验：Angel and Wolseley, p.11.

一个声音屏障，从而限制声呐的应用——军用潜水艇借此躲避彼此：TerryBreverton, *Brevertons' Nautical Curiosities*, p.351.

障碍物周围的风：David Houghton and Fiona Campbell, *Wind Strategy*, pp.62—63.

漩水：Proctor, pp.106—107.

戴维·刘易斯和伊奥蒂巴塔：Lewis, *Voyaging Stars*, p.115.

除了夏季你看不到一只两栖动物：Paul Sterry, *Pond Watching*, p.106.

水甲：出处同上，p.42。

英国环境署担心天鹅溪湖：http://ea-lit.freshwaterlife.org/archive/ealit:1105/OBJ/20000767. pdf.（于2015年5月28日访问。）

第九章 水的颜色

凯尔特人和“glasto-”：https://en.wikipedia.org/wiki/Green#Languages_where_green_and_blue_are_one_color.（于2015年10月22日访问。）

他们甚至已计算出它的波长是480纳米：David Lynch and William Livingston,*Color and Light in Nature*, p.66.

“当你吸取了教训，世界上就再没有比在北海中选择航道更容易的事了……”：Brian Fagan, *Beyond the Blue Horizon*, p.200，引自*The Baltic and the North Seas* by Merja-Liisa Hinkkanen and David Kirby。

亚马孙河在某些地方呈现黄色，而在靠近巴西的马瑙斯：Lynch andLivingston, p.67.

最典型的一个例子是地中海：http://epistimograph.blogspot.co.uk/2011/04/bluewatersof-mediterranean.html.（于2015年5月15日访问。）

希腊神话中的爱神阿芙洛狄忒和罗马神话中的爱神维纳斯都诞生于海中的泡沫……波提切利……：Perkowitz, pp.4—5.

让人惊叹的是，在科学家看来，地球是太阳系中唯一一个风吹过开阔水面会造成起沫波浪的地方：Sidney Perkowitz, *Universal Foam*, p.131.

泡沫是空气被水包住后产生的微小空气囊，相反，云彩是被空气包住的小液滴……但如果仔细观察泡沫：Lynch and Livingston, p.92.

靛蓝到绿蓝（等级1—5）：http://www.citclops.eu/water-colour/measuring-watercolour.（于2015年5月16日访问。）

第十章 光与水

月亮圈：Lynch and Livingston, p.82.

观察此现象最好的例子是一座带有桥墩的桥：出处同上，p.99。

数学家已经发现，这是一门相当精准的科学：Adam, p.138.

明亮的长方形白点网格：http://epod.usra.edu/blog/2014/08/capillary-waves. html.（于2015年5月27日访问。）

吝啬鬼：http://www.telegraph.co.uk/news/weather/11286360/God-or-Scrooge-Mysteriousface-spotted-in-the-waves.html.（于2015年5月27日访问。）

你的影子边缘可能会有一圈橙色的光晕：John Naylor, *Out of the Blue*, p.46.

晕：Lynch and Livingston, p.260.

第十一章 水的声音

资料主要来源于伊姆村，但同样可见于：http://www.peaklandheritage.org.uk/index.asp?peakkey＝40402121.

事实证明，叶子如丝带一般长的玉米和小麦对于散射声音有着惊人的效果：http://www.amazon.co.uk/dp/0419235108/ref＝rdr_ext_tmb.（于20153年月24日访问。）

史基浦机场的故事：http://www.wired.com/2014/06/airport-schiphol/.（于2015年3月24日访问。）

艾尤卡一役：http://www.amazon.co.uk/Darkest-Days-WarBattles-Corinth/dp/0807857831/ref＝sr_1_fkmr0_1?s＝books&ie＝UTF8&qid＝1427274802&sr＝11-fkmr0&keywords＝%E2%80%98Darkest＋Days＋of＋the＋War%E2%80%99＋by＋Cozzens.（于2015年3月25日访问。）

“我有一个朋友住在伦敦泰晤士河宽阔河段的南岸……”：与约翰·帕尔的私人谈话。

楚科奇猎手：http://rtd.rt.com/films/i-am-hunter/.（于2015年1月10日访问。）

鲸鱼的交流：http://natgeotv.com.au/tv/kingdomof-the-blue-whale/blue-whales-andcommunication.aspx.（于2015年3月26日访问。）

第十二章 解读波浪

波峰的运动速度要比波谷稍快：Drew Kampion, *Book of Waves*, p.38.

如海洋科学家威拉德·巴斯科姆所言：Willard Bascom, *Waves and Beaches*, p.11.

通常我们以为每七道波浪中就会出现……据海洋科学家测算差不多是1/2000：Houghton and Campbell, p.69.

“并不存在能够横跨大西洋的无神论水手”：与莎拉·莫里森的私人谈话，她引用了自己哥哥的话。

1900年9月8日，得克萨斯州加尔维斯顿市的海滩上袭来了超凡涌浪，当地人对此议论纷纷：Carl Hobbs, *The Beach Book*, p.38.

潜水艇只需潜入飓风之下150米：GavinPretor-Pinney, The *Wavewatcher's Companion*, p.31.

“在海岸的那处，有一座天堂般的港湾，以海洋长者福耳库斯的名字命名……”：Homer, *Odyssey*, Bk 13, lines 109—114, p.289，引自Fagan, p.89。

奥布赖恩，波浪折射透镜，加利福尼亚长滩：Bascom, p.74.

树木的绕射与DVD的衍射：http://en.wikipedia.org/wiki/Diffraction.（于2015年6月9日访问。）

经过海堤时波浪的绕射与示意图：Proctor, p.72.

The Fawa'id，全称为*Kitab al-Fawa'id fi usul ‘ilm al-bahr wa’l-qawa'id*，翻译过来是：Tibbets, pp. 25 and 252.

关于破碎波的类型有三种还是四种一直争论不休，这听起来像是废话：PretorPinney, p.38.

向岸风会使波浪更早破碎，并在更深的水里破碎……：Scott Douglass,*Influence of Wind on Breaking Waves*: http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?68193.（于2015年6月18日访问。）

如果你想站在海滩上测量破碎波的高度：Bascom, p.172.

“1834年刚刚被发现，而在同一年，人类发明了第一台实用电动机”：https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_historic_inventions.（于2015年10月26日访问。）

海上一道波浪速度的节数将是它的周期秒数乘以3：Proctor, p.50.

第十三章 阿曼欣喜之旅：幕间曲

个人回忆。

第十四章 海岸

“距岸12英里的海面”，这是英国国家主权的疆界……七万平方英里……：Sue Clifford and Angela King, *Journeys Through England in Particular*: Coasting, p.34.

只有0.04%……：http://water.usgs.gov/edu/gallery/global-water-volume.html .（于2016年1月8 日访问。）

从西北方吹向汤加的风温暖湿润……：Lewis, *Voyaging Stars*, p.76.

荷马的涅斯托耳和欧利米登：Jamie Morton, *The Role of the Physical Environment in Ancient Greek Seafaring*, p.52.

奈诺亚·汤普森：Will Kyselka, *An Ocean in Mind*, p.26.

安马沙利克木质地图：与约翰·帕尔的私人通信。

伊丽莎白一世……被定为刑事犯罪：Bella Bathurst, *The Lighthouse Stevensons*,p.7.

“难分难舍”（*parafungen*）：Lewis, *Voyaging Stars*, p.138.

“以物定点”（*pookof*）：Thomas, p.258 and *passim*.

伊本·穆贾维尔，《在13世纪的阿拉伯旅行》：*Ibn al-Mujawir's Tarikh alMustabsir*，译自G. Rex Smith（London: The Hakluyt Society, 2008）, p.264。感谢埃里克·斯特普尔斯让我注意到这个绝妙的例子。

罗伯特·史蒂文森……鱼，天气：Bathurst, p.94.

第十五章 海滩

它们的流速高达每秒2米，任何游泳者都无法企及：Lisa Woollett, *Sea and Shore Cornwall*, p.87.

讽刺的是，由于离岸流能平缓波浪，它们会吸引游泳者们前往：Bascom,p.170.

“航海者须知：2014年12月15日对奇切斯特沙洲所进行的一次水深测量发现……”：来自奇切斯特港保护协会发来的电子邮件（2014年12月24日）。

“干涉沙纹”“压扁型沙纹”……：http://coastalcare.org/educate/exploring-thesand/.（于2015年6月11日访问。）

这些菱形图案最有可能形成……会在退潮时重新渗出：Bascom,p.206.

把手指放在上面便会崩塌：出处同上，p.210。

岩石庇护区内的平静水面（spannel）:Woollett, p.19.

你见到的丁坝从来不会只有一座……：Hobbs, p.151.

锡利群岛因其白色沙滩而闻名：Clifford and King, p.14.

研究表明，世界上的每一片沙滩都是独一无二的：出处同上，p.35。

在切希尔海滩等地方，渔民们能推算出自己的位置：出处同上，p.13。

“海岸的歌声”：Woollett, p.19.

“人们一直致力于寻找下一种最强材料……”：http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-31500883.（于2015年6月12日访问。）

水手们曾用它们来清洁：Woollett, p.17.

如果壳体发灰，那么蛾螺就是已经孵化出来了：http://www.bbc.co.uk/insideout/south/series6/beachcombing.shtml.（于2015年6月15日访问。）

船只的残骸是异常丰富的繁育基地：出处同上，p.15。

玉黍螺：出处同上，p.73。

槽形、囊状及锯形（或者说有锯齿状边缘的）海藻善于替人着想：Tristan Gooley,*The Walker's Guide to Outdoor Clues &Signs*, p.307.

“穷人的晴雨表”：Woollett, p.131.

海滩跳蚤：出处同上，p.135。

浮木：出处同上，p.23。

吉尔伯特群岛的天气知识：Lewis, *Voyaging Stars*, pp.124—125.

第十六章 水流与潮汐

“此前我从不知道，”钟的铸造者马尔库斯·韦格特这样告诉困惑不解的观众……：与约翰·帕尔的私人通信。

1990年5月的一场风暴导致61000余双耐克运动鞋的损失……十一年后到达：Woollett, p.62.

通过吹气搅动茶水：Ball, p.39.

被风驱动的洋流能够超过风速的2%：Proctor, p.16.

风速为10节的风吹向只有1米深的暖水：Houghton and Campbell, p.65.

全球平均速度为半节：David Burch, *Emergency Navigation*, p.130.

一股水流带动水以2节的速度在无风天里向前行进：Proctor, p.47.

水流会略微影响所有形成波浪的波长和波高：Houghton and

Campbell,p.68.

波利尼西亚航海协会的成员之一奈诺亚·汤普森……：Kyselka, p.149.

专业的赛船手会寻找即便非常微小的优势：Proctor, p.74.

渔民们在北海丢失的防水长筒靴：Woollett, p.95.

被称为Ka-Milo-Pae-Ali'i的海滩，翻译过来就是“蜿蜒的海水将皇族冲上海岸”……：Curtis Ebbesmayer and Eric Scigliano, *Flotsametrics and the Floating World*, p.198.

1973年，他成为首批成功环萨克岛游了18英里的人：Roger Deakin, *Waterlog*, p.36.

“梅伊的快乐随从”或者“地狱之口”：Bella Bathurst, *The Wreckers*, p.6.

速度最快的潮流，博德镇：Pretor-Pinney, p.231.

在生活于委内瑞拉的奥里诺科河三角洲的瓦劳人看来：与约翰·帕尔的私人通信。

在北极，一个叫伊格卢林米特的因纽特族群通过观察qiqquaq（一种巨藻）的叶子来判断水流的方向：John Macdonald, *The Arctic Sky*, p.183.

自1833年英国海军部制出了第一张潮汐表：James Greig McCully, *Beyond the Moon*, p.6.

亚历山大大帝被潮汐弄得晕头转向，甚至伽利略也误解了它们：出处同上，pp.1—4。

“海洋横亘在那里”：Lewis, Voyaging Stars, p.116 以及https://en. wikipedia. org/wiki/Battle_of_Tarawa.（于2015年6月29日访问。）

“最初，在星期三人们计划用人力使船只重新浮起来……”：http://www.theguardian.com/uk-news/2015/jan/08/car-carrier-beached-solentsandbankrefloats-itself.（于2015年6月29日访问。）

2004年2月5日，21名中国劳工在拾鸟蛤时溺亡……：https://en.wikipedia.org/ wiki/2004_Morecambe_Bay_cockling_disaster.（于20156年月29日访问。）

整个泽西岛的面积增加一倍：http://jerseyeveningpost.com/features/2015/03/31/whenlow-water-means-high-excitement-discovering-the-wildlife-onjerseys-southeast-coast/.

“重现沙滩”派对沿泰晤士河举办：Clifford and King, p.14.

要是幸运的话，你还可能会看到沉船残骸或者自海洋浮现的石化林：Woollett,p.74.

《 圣经》里面并没有提到潮汐：Pretor-Pinney, p.251.

“ 如今，整个印度有很多河流……”：http://legacy.fordham.edu/halsall/ancient/periplus.asp.（于2015年6月24日访问。）

假如在同一地方你所看到的潮汐高度和类型每一天都有所不同：Greig McCully, p.57.

对于不列颠哥伦比亚的原住民来说：Raban, p.224.

假如潮汐高于预计高度，那么这可能预示着海上起了强风：Proctor, p.24.

离海越远，通常涨潮时间便会越晚……一个奇怪的现象，即一条河会短暂地流向不同的方向：Proctor, p.22.

落潮通常要比涨潮更为强大……：Cunliffe, p.41.

一位伦敦的朋友说：与约翰·帕尔的私人谈话。

“ 它们事先料到了这些危险，不论何时靠近岬角……”：Aelianus，译自A.F.Schofield，引自Morton, p.41。

美国国家海洋和大气管理局……海洋学家阿瑟·杜森博士总共鉴别出396个影响因素：Greig McCully, p.11.

第十七章 夜间之水

19世纪早期到中期的一条20米长的沉船残骸：http://www.maritimearchaeologytrust. org/ eastwinnerbankshipwreck/.（于2015年6月1日访问。）

到了1830年代，英国沿海地区每一天就有超过两起船只遇难事件发生：Bathurst, *Lighthouse Stevensons*, p.10.

一大批夜光游水母涌入了北爱尔兰的一个三文鱼农场：http://en.wikipedia.org/wiki/Pelagia_noctiluca.（于2015年6月2日访问。）

第十八章 观船

伊本·朱巴伊尔："因而我们得以见识这些船长和水手……"：Hourani,p.122.

"靠近船尾上空的那颗臼齿……"：Peter Kemp.*Oxford Companion to Ships and the Sea*，前言。

"已经有人指出我们可以通过研究这些标线来评估世界经济。2008年后不久，这些线都跃出了水面。"：Horatio Clare, *Down to the Sea in Ships*,p.26.

第十九章 罕见与非凡

开尔文波：Greig McCully, p.85.

2004年，人们首次使用雷达检测到了早期海啸波高的精确数据：http://www.noaanews.noaa.gov/stories2005/s2365.htm.（于2015年7月3日访问。）

来自14个国家的23万人：https://en.wikipedia.org/2004_Indian_Ocean_earthquake_and_tsunami.（于2015年7月3日访问。）

海上吉卜赛人莫肯族注意到了这个现象：http://www.cbsnews.com/news/seagypsies-saw-signs-in-the-waves/.（于2015年7月6日访问。）

对于一种波浪没有其他解释时……：Greig McCully, p.101.

涌潮：Kampion, p.39.

“格拉摩根号”：出处同上，p.43。

泰晤士河水闸：与约翰·帕尔的私人通信。

滑溜水：Houghton and Campbell, p.66.

“火把威尔”名字：http://www.mysteriousbritain.co.uk/folklore/will-o-the-wisp.html.

飞鱼：这部分要感谢史蒂夫·豪厄尔的*The Amazing World of Flyingfis*一书。

Puikkaqtuq，翻译过来大意为“突然出现”：Macdonald, p.185.

Tekimeata:Lewis, *Voyaging Stars*, p.123.

辫状河：Lawton, pp.19—21.

水下闪电：Lewis, *Voyaging Stars*, pp.48—49.

第二十章 未知水域：结语

冒险（Aefintyr）：Fagan, p.xvii.

特里斯坦·古利，《自然雷达》（*Nature'sRadar*），*Journal of Navigation*，66，2013，pp.161—179.doi：10.1017/S0373463312000495。

“全英国军用飞机里的生存活动挂图”：JSP 374 Aircrew SERE flip card，感谢约翰·赫德森。

参考书目

Angel, Heather and Wolseley, Pat, *The Family Water Naturalist*, Michael Joseph, 1982.

Ball, Philip.*H2O*, Phoenix, 1999.

Ball, Philip.*Branches*, Oxford University Press, 2009.

Ball, Philip.*Flow*, Oxford University Press, 2009.

Barkham, Patrick, *Coastlines*, Granta, 2015.

Barrett, Jeff and Turner, Robin and Walsh, Andrew, *Caught by the River*, Cassell Illustrated,2009.

Bartholomew, Alick, *The Story of Water*, Floris Books, 2010.

Bascom, Willard, *Waves and Beaches*, Anchor Books, 1964.

Bathurst, Bella, *The Lighthouse Stevensons*, Harper Perennial, 2005.

Bathurst, Bella, *The Wreckers*, Harper Perennial, 2006.

Bellamy, David, *The Countryside Detective*, Reader's Digest Association, 2000.

Breverton, Terry, *Breverton's Nautical Curiosities*, Quercus, 2010.

Bruce, Peter, *Heavy Weather Sailing*, Adlard Coles Nautical, 1999.

Burch, David, *Emergency Navigation*, McGraw-Hill, 2008.

Burgis, Mary and Morris, Pat, *The Natural History of Lakes*, Cambridge University Press,1987.

Clare, Horatio, *Down to the Sea in Ships*, Vintage, 2015.

Clarke, Brian, *The Pursuit of Stillwater Trout*, A &amp.C Black Ltd., 1975.

Clifford, Sue and King, Angela, *Journeys Through England in Particular: Coasting*,Saltyard, 2013.

Cooper, Simon, *Life of a Chalkstream*, William Collins, 2014.

Cox, Lynne, *Open Water Swimming Manual*, Vintage, 2013.

Cunliffe, Tom, *Inshore Navigation*, Fernhurst Books, 1987.

Deakin, Roger, *Waterlog*, Vintage, 2000.

Ebbesmeyer, Curtis and Scigliano, Eric, *Flotsametrics and the Floating World*, HarperCollins, 2010.

Evans, I.O., *Sea and Seashore*, Frederick Warne &amp.Co., 1964.

Fagan, Brian, *Beyond the Blue Horizon*, Bloomsbury, 2012.

Ferrero, Franco, *Sea Kayak Navigation*, Pesda Press, 2009.

Gatty, Harold, *The Raft Book*, George Grady, 1944.

Goddard, John and Clarke, Brian, *Understanding Trout Behaviour*, The Lyons Press, 2001.

Goodwin, Ray, *Canoeing*, Pesda Press, 2011.

Gooley, Tristan, *The Natural Navigator*, Virgin, 2010.

Gooley, Tristan, *The Natural Explorer*, Sceptre, 2012.

Gooley, Tristan, *How to Connect with Nature*, Macmillan, 2014.

Gooley, Tristan, *The Walker's Guide to Outdoor Clues &amp.Signs*, Sceptre, 2014.

Gooley, Tristan, ‘Nature's Radar’, *Journal of Navigation*, 66, 2013, pp.161—179,doi:10.1017/S0373463312000495.

Greig McCully, James, *Beyond the Moon*, World Scientific Publishing, 2006.

Hill, Peter, *Stargazing*, Canongate Books, 2004.

Hobbs, Carl, *The Beach Book*, Columbia University Press, 2012.

Holmes, Nigel and Raven, Paul, *Rivers*, British Wildlife Publishing, 2014.

Houghton, David and Campbell, Fiona, *Wind Strategy*, Fernhurst Books, 2012.

Hourani, George, *Arab Seafaring*, Princeton University Press, 1995.

Howell, Steve, *The Amazing World of Flyingfis*, Princeton University Press, 2014.

Humble, Kate and McGill, Martin, *Watching Waterbirds*, A &amp.C Black, 2011.

Huth, John, *The Lost Art of Finding Our Way*, Belknap Press, 2013.

Kampion, Drew, *Book of Waves*, Roberts Rinehart, 1991.

Karlsen, Leif, *Secrets of the Viking Navigators*, One Earth Press, 2003.

Kemp.Peter, *The Oxford Companion to Ship.and the Sea*, Oxford University Press, 1979.

Kyselka, Will, *An Ocean in Mind*, University of Hawaii Press, 1987.

Lawton, Rebecca, *Reading Water*, Capital Books, 2002.

Lewis, David, *The Voyaging Stars*, Fontana, 1978.

Lewis, David, *We, the Navigators*, University of Hawaii Press, 1994.

Lindsay, Harold, *The Bushman's Handbook*, Angus Robertson, 1948.

Lynch, David and Livingston, William, *Color and Light in Nature*, Cambridge University Press, 1995.

MacDonald, John, *The Arctic Sky*, Royal Ontario Museum, 1998.

Morton, Jamie, *The Role of the Physical Environment in Ancient Greek Seafaring*, Brill,2001.

Naylor, John, *Out of the Blue*, Cambridge University Press, 2002.

Nichols, Wallace, *Blue Mind*, Little, Brown, 2014.

Pearson, Malcolm, *Reed's Skipper's Handbook*, Reed Thomas Publications, 2000.

Perkowitz, Sidney, *Universal Foam*, Vintage, 2001.

Plass, Maya, *RSPB Handbook of the Shore*, A &amp.C Black Publishers, 2013.

Pretor-Pinney, Gavin, *The Wavewatcher's Companion*, Bloomsbury, 2010.

Proctor, Ian, *Sailing Strategy*, Adlard Coles Nautical, 2010.

Raban, Jonathan, *Passage to Juneau*, Picador, 1999.

Rex Smith, G., *A Traveller in Thirteenth-Century Arabia: Ibn alMujawir's Tarikh al Musrabsir*, The Hakluyt Society, 2008.

Robson, Kenneth, *The Essential G.E.M. Skues*, A &amp.C Black Ltd., 1998.

Severin, Tim, *The Ulysses Voyage*, Book Club Associates, 1987.

Sharp.Andrew, *Ancient Voyagers of the Pacifi*, Penguin, 1957.

Steers, J.A., *The Sea Coast*, Collins, 1962.

Sterry, Paul, *Pond Watching*, Hamlyn, 1983.

Taylor, E.G.R., *The Haven-Finding Art*, Hollis &amp.Carter, 1956.

Thomas, David and Bowers, David, *Introducing Oceanography*, Dunedin Academic Press,2012.

Thomas, Stephen, *The Last Navigator*, Random House, 1987.

Tibbets, G.R., *Arab Navigation*, The Royal Asiatic Society of Great Britain, 1971.

Tyler, Dominick, *Uncommon Ground*, Guardian Books, 2015.

Walker, Stuart, *Wind and Strategy*, WW Norton &amp.Co., 1973.

Woollett, Lisa, *Sea and Shore Cornwall*, Zart Books, 2013.

Worthington, A.M., *A Study of Splashes*, Longmans, Green &amp.Co., 1908.

Yates, Chris, *How to Fish*, Penguin, 2006.

Younger, Paul, *Water*, Hodder &amp.Stoughton, 2012.

致谢

水的内涵要比我们初见的样子丰富得多，而封面上的署名也远远无法涵盖参与写作的所有人员。我忘了曾在哪里读到过，从定稿的提交到一本书的出版之间要历经38道程序。在写作时，我曾嘲笑过这一不可能的数字，但在付梓之时我不禁颔首认可其智慧。

本书背后的团队陪我走过所有那些程序，他们出色地完成了这一任务。我想要感谢马迪·普赖斯、尼尔·高尔、丽贝卡·芒迪、凯特里奥娜·霍恩，还有我在塞普特的团队，他们为此书艰辛工作，提供了难以估量的协助。但是，书中出现的任何谬误都来自我个人，任何愚蠢的想法也是如此。

有太多人曾帮助我探索这本书的主题，很遗憾我无法在这里提及每一个人的名字。然而，我想要谢谢以下曾在过去几年里竭尽所能帮助我的人：约翰·帕尔、埃里克·斯特普尔斯、斯图尔特·克罗夫茨，还有我的姐姐西沃恩·梅钦，谢谢你。

我还要感谢那些以某种不那么显而易见却极其宝贵的方式支持这本书的人：中途偶然帮助我的人、购买我的书的人、从附近及远方给我写来珠玉之言的人，还有那些四处传播我的工作，因而使得本书成为可能的人。你知道是你，我向你致敬！

我想要感谢我的出版商鲁珀特·兰开斯特，是他给我委派了这一任务。他的热情与信念正是这本书所需要的，而我也是因为这一点克服了写作本书所需要的一点畏惧。没有他的鼓励，这本书不太可能会完成。我还要谢谢鲁珀特和我的代理人苏菲·希克斯，感谢他们从任务下达到出版之间给予的无私帮助、无尽耐心和支持。

最后，我要感谢我的家人，感谢他们容忍我这样一个有着强烈好奇心的怪人存在。不久前，我在一条河边停下，为我的小儿子指出某种现象。他摇了摇头，叹了口气说：“天哪……又来了！”

注释

[1]罗杰·迪金（Roger Deakin, 1943—2006），英国作家、纪录片制作人及环保主义者。他生前出版的唯一一本书《水中日志》曾登顶英国畅销书榜单，推动了野外游泳运动的发展。——译注（除非另有说明，本书脚注均为译者所加。）

[2]洛伦·艾斯利（Loren Eiseley, 1907—1977），美国人类学家、教育家、哲学家和自然科学作家。——编注

[3]J级帆船是一种独桅帆船，是1930 年代顶级的赛船。

[4]英格兰和苏格兰东海岸的冷海雾。

[5]帆船大师（Yachtmaster）为判定船手操纵帆船或汽船能力的一种资格考试，一般分为沿岸、离岸、远海三个等级，在英国由皇家游艇协会（Royal Yachting Association）组织认定。

[6]隶属于英国南安普顿索伦特大学，是一所海事教育学院。——编注

[7]伊朗东南部最大城市。

[8]伊拉克等国的货币单位。

[9]即詹姆斯·库克（James Cook, 1728—1779），英国皇家海军军官、航海家、探险家和制图师，他曾三度奉命出海前往太平洋，带领船员成为首批登陆澳大利亚东岸和夏威夷群岛的欧洲人，也创下首次有欧洲船只环绕新西兰航行的纪录。

[10]位于南太平洋，是法属波利尼西亚向风群岛中的最大岛屿。

[11]1英尺＝30.48厘米。——编注

[12]即“山不来就穆罕默德，穆罕默德就去就山”的哲学议题，提示人们改变不了客观环境，但可以改变自己的主观意志。

[13]南太平洋法属波利尼西亚的东部岛群，群岛海域面积和整个西欧相当，是世界上最大的珊瑚环礁群。

[14]太平洋中西部的一组环礁，基里巴斯共和国首都。马亚纳环礁也是基里巴斯的城市。

[15]1英里≈1.609公里。——编注

[16]即天鹰座α星，俗称牵牛星。

[17]1品脱≈0.57 升。

[18]此为直译，原文为“yellow marsh marigolds”，指毛茛科植物驴蹄草（Caltha

palustris）。下文“水杨梅”亦为直译，原文为“water avens”，指蔷薇科植物紫萼路边青（Geum rivale）。——编注

[19]原文为“lightfoot lichen”，指棕网衣属的一种地衣，其中“lightfoot”出自英国的植物学家约翰·莱特富特（John Lightfoot ）。

[20]英国威尔士的一座城市，位于威尔士东南部，其历史可以追溯至罗马帝国时期。

[21]英国苏格兰北部港市。

[22]英国西南区域德文郡的海港，现有德文波特海军基地。——编注

[23]1英寸＝2.54厘米。——编注

[24]亚当·尼科尔森（Adam Nicolson, 1957 —），一位擅于书写历史、风景、文学及海洋的英国作家，代表作为《海的房间》。

[25] 伦敦街道名。

[26]美国印第安居民集团中人数最多的一支，散居于新墨西哥州西北部、亚利桑那州东北部及犹他州东南部。

[27]曼宁公式（Manning's Formula）由法国工程师菲利普·高克勒于1867年首次提出，后被爱尔兰工程师罗伯特·曼宁在1890 年重新改良，它是计算明渠道流量或速度的经验公式，常用于物理计算、水利建设等活动中。

[28]西方的情人节，即每年的2月14 日。

[29]伊莎贝尔·埃伯哈特（Isabelle Eberhardt, 1877—1904），瑞士探险家和作家。她因热爱北非而于1897 年移居阿尔及利亚，变装为男人在阿尔及利亚北部以及沙漠中探险。

[30]约瑟夫·巴泽尔杰特爵士（Sir Josep.Bazalgette, 1819—1891），19 世纪英国的市政工程师。作为伦敦大都市工程局的总工程师，他最大的贡献是为伦敦设计修建了下水道网络，改善了伦敦当时恶臭冲天的环境，并有效遏制了霍乱的蔓延，成为工业时代的七大工程奇迹之一。

[31]即“buttercup family ”。

[32]在演替过程中首先出现的、能够耐受极端局部环境条件且具有较高传播力的物种。

[33]这个游戏最早出现在英国作家A. A. 米尔恩的著名童书《小熊维尼》的第二卷《小熊维尼的房子》（1928）中。这个简单的游戏在流动水面上的桥上进行，玩家将木棍丢入桥的上游侧，木棍第一个出现在下游侧的玩家为胜者。

[34]霍勒斯·兰姆（Horace Lamb, 1849—1934 ），英国数学家、力学家，擅长流体力学，著有《水动力学》等著作。

[35]可能是“riffles ”的发音类似流水淙淙的声音。

[36]塞缪尔·约翰逊博士（Dr Samuel Johnson, 1709—1784），英国作家、文学评论家和诗人，他编纂的《英语大辞典》（1755）对英语发展做出了重大贡献。

[37]汉弗莱·戴维爵士（Sir Humphry Davy, 1778—1829 ），英国化学家、发明家，电化学的开拓者之一，被认为是发现元素最多的科学家。

[38]峰区是英格兰中部和北部的高地，主要位于德比郡北部，也覆盖柴郡、大曼彻斯特、斯塔福德郡、约克郡南部和西部等部分地区。

[39]飞钓是使用特殊的飞钓线、飞钓竿和人工拟饵，利用独特的挥舞技术和线本身的重量，将线和饵打出去，然后慢慢回收线，利用不同手法和水流状况表现拟饵的活动，吸引鱼儿攻击并上钩的一种钓鱼方法，在欧美比较流行。

[40]中文名由编者拟定。——编注

[41]蜉蝣成虫的寿命只有一天。

[42]即贯叶连翘，其英文名为“St John's Wort”，“其中St John's”指的是圣约翰节，在每年夏至过后的6月24 日，是欧洲地区的重要节日。

[43]大多数昆虫，如蝶、蚊、蝇等都经过卵、幼虫、蛹、成虫四个时期，叫作完全变态。还有一类是不完全变态昆虫，例如螳螂、蝗虫等，一生中只有卵、若虫、成虫三个时期，没有蛹期。若虫和幼虫是这两类昆虫在同一时期的不同叫法。

[44]金丝雀因为呼吸频率快、体型小、代谢速度高而对一氧化碳极为敏感。在以前采矿设备相对简陋的条件下，工人们下井时会带上一只金丝雀以作为“一氧化碳检测器”，以便在危险状况下紧急撤离。“矿井中的金丝雀”因而代指高敏感物种。

[45]《末日审判书》（*Domesday Book*）又称“最终税册”，是英王威廉一世在1085—1086 年钦定的英国土地调查清册。

[46]此处指《福尔摩斯探案集》里的“巴斯克维尔的猎犬”，该故事发生在沼泽地里。

[47]位于英格兰西北部，以湖泊、群山、森林以及华兹华斯等湖畔诗人闻名于世，1951年被划为国家公园。——编注

[48]这里提到的是西方流行的名叫“Scrabble”的英语文字图版游戏，在一块15×15方格的图版上，2至4 名参加者拼出词汇而得分。

[49]1纳米＝10—9 米。

[50]英制水深单位，合6英尺或1.628 8 米。

[51]分别对应“sand”“shell”“mud”“weed”“ooze”。——编注

[52]即加里曼丹岛，是世界第三大岛，属于印度尼西亚、马来西亚和文莱。下文的达雅克人是婆罗洲土著。

[53]古希腊诗人，略晚于荷马，代表作为长诗《工作与时日》。

[54]希腊神话中的天空之神。下文中的克洛诺斯是乌拉诺斯和大地之神盖亚的儿子，是泰坦巨人之一。克洛诺斯推翻了父亲乌拉诺斯的统治，后又被其子宙斯废黜。

[55]维多利亚和阿尔伯特博物馆（简称V&A 博物馆）是位于英国伦敦的一座装置及应用艺术博物馆。在英国，它是规模仅次于大英博物馆的第二大国立博物馆。博物馆以维多利亚女王和阿尔伯特公爵命名，专门收藏美术品和工艺品，包括珠宝、家具等

等。

[56]约翰·康斯太勃尔（John Constable, 1776—1837 ），英国风景画家，代表作有《干草车》《白马》《斯特拉福特磨坊》等。他的作品真实生动地表现了瞬息万变的大自然景色，其画风对后来法国风景画的革新和浪漫主义的绘画有着很大的启发作用。

[57]彼得·保罗·鲁本斯（Peter Paul Rubens, 1577—1640），17 世纪佛兰德斯画家，是巴洛克画派早期的代表人物。

[58]原文为“Scrooge”，源于英国作家查尔斯·狄更斯作品《圣诞颂歌》中的人物斯克鲁奇，是文学中经典的吝啬鬼形象。

[59]据福音书记载，抹大拉的马利亚（Mary Magdalene ）是一位追随耶稣的犹太女人，她亲眼见证了耶稣被钉上十字架、被埋后又复活的过程，但历史上对于抹大拉的马利亚的真实性和她的事迹一直有着争论。

[60]是英格兰西南端的一个郡，位于德文郡以西，濒临大西洋。

[61]这是英语国家运用口头用语来计量时间的一种常用方法，通常在“one, two, three”等数字后面加上一个音节较多的单词，如“one elephant, two elephants”等，以正常语速念出来的时间可以相对准确到一秒钟。更为常见的是美国人习惯以“one Mississippi, two Mississippis ”等来进行秒钟计量。

[62]按照不同的标准，波浪的分类有许多种。为了便于理解，作者在此处进行了简化。——编注

[63]丹麦的海外自治领地，位于北大西洋。

[64]英国东南部的港口。

[65]美国得克萨斯州东南部港市。

[66]斯涅耳定律（Snell's Law）因荷兰物理学家威理博·斯涅耳得名，是一条描述光的折射规律的定律，即：光入射到不同折射率的介质时会发生反射和折射，其入射角、折射角与折射率之间具有一定的关系。

[67]美国加利福尼亚州西南部港市。

[68]英国南部岛屿，靠近英吉利海峡北岸。

[69]英国英格兰南部城市。

[70]一种独桅或多桅的传统斜三角帆船，多航行于红海及印度洋海域，其由阿拉伯人还是印度人发明尚无定论。

[71]本名戴维·约翰·穆尔·康韦尔（David John Moore Conwell, 1931——），英国著名谍报小说作家约翰 。· 勒卡雷是他的笔名。

[72]原文为“habban ”，即阿拉伯语的“风笛”。

[73]法国北部港市，与英国隔海相望。多佛尔海峡（加来海峡）是英吉利海峡最狭窄的地方。

[74]1海里＝1.852公里。——编注

[75]位于太平洋西南部赤道附近的王国。

[76]东北地中海的一种季风。

[77]位于英吉利海峡内，法语中称“诺曼底群岛”，是英国领地，包括泽西岛、根西岛、奥尔德尼岛等岛屿。——编注

[78]两个重要航行站点之间的某一点。

[79]罗伯特·史蒂文森（Robert Stevenson, 1772—1850），苏格兰土木工程师、灯塔建造师，《金银岛》作者罗伯特·路易斯·史蒂文森的祖父。他最为伟大的成就之一便是于1807—1810年间在苏格兰安格斯海岸附近建造了著名的贝尔灯塔（Bell Rock Lighthouse ），它是现存最为古老的海中灯塔，被列为工业时代的七大工程奇迹之一。

[80]海图上标注水深的起算面。

[81]英国大不列颠群岛北部岛群。

[82]撒哈拉沙漠中的一个半游牧民族，居住在阿尔及利亚、利比亚、尼日尔和马里等几个北非国家中。

[83]英格兰康沃尔郡西南部岛群。

[84]位于英格兰南部的多塞特郡，是英国三个主要卵石海岸之一。

[85]“在海滩上寻找海藻”的原文是“Check the Beach for Seaweed”，其中首字母大写的“Check”“Beach”“Seaweed”三个单词分别形似于“Channelled”（槽形）、“Bladder”（囊状）、“Saw ”（锯形）。这是作者提供的一种帮助记忆海藻名字的有趣方法。

[86]“沼泽”英文为“BOG”，三个字母分别对应“Black”（黑色）、“Orange”（橙色）、“Grey ”（灰色）。

[87]如果你对“tidal stream”这一说法更熟悉，可以登录www.naturalnavigator.com/thelibrary/tidal-streams-and-tidal-currents了解更多。——原注

[88]位于法国西部。下文中的圣马洛是布列塔尼半岛北部港市。——编注

[89]指产自德国黑森林的布谷鸟钟，它的内部有设计精巧的齿轮装置，每到半点和整点，钟上方的小木门就会自动打开，出现一只报时的布谷鸟。

[90]法国西北部港市。

[91]莫尔斯码是一种时通时断的信号代码，通过不同的排列顺序来表达不同的英文字母、数字和标点符号。它是一种早期的数字化通信形式，但不同于现代只使用零和一两种状态的二进制代码，它的代码包括五种：点、划、点和划之间的停顿、每个词之间中等的停顿以及句子之间长的停顿。

[92]原文为“flashing three times, green, every ten seconds”。——编注

[93]世界七大奇迹之一，遗址在埃及亚历山大城边的法罗斯岛上。因在两次地震中极度受损，于1480年完全沉入海底。2015 年，埃及决定重建亚历山大灯塔。

[94]三种颜色的英文分别为“Red”“White”“Green”，首字母即为“RWG”。——编注

[95]御夫座最亮的恒星，也是夜空中第六亮星，在北半天球仅次于大角星和织女星，是北天第三亮星。

[96]位于北纬50.613度，西经2.457度，属于英格兰多塞特郡。——编注

[97]即南鱼座α星，是南天星座南鱼座的主星。

[98]世称老普林尼，百科全书式的古罗马作家，其著作《博物志》（又译作《自然史》）涉及天文、地理、矿产、动物、气象、植物等许多方面，是研究古代文明的重要文献。——编注

[99]原文为“jalbah”，指阿拉伯地区的一种船只。——编注

[100]伊本·朱巴伊尔（Ibn-Jubayr, 1145—1217），阿拉伯地理学家、旅行家、探险家、诗人，著有《伊本· 朱巴伊尔游记》一书。

[100-0]原文为“Stroma Yoles”，是北苏格兰的一种重叠搭造的渔船。

[101]位于希腊的南端，是爱琴海中最大的岛屿。

[102]电影《水獭塔卡》是英国在1979 年出品的动物题材的故事片，讲述了水獭塔卡曲折传奇的一生。

[103]印度洋的一部分，在亚洲中南半岛和安达曼群岛、苏门答腊岛之间。

[104]英国境内最长的河流，全长354 公里，源自威尔士中部，注入大西洋布里斯托尔湾。

[105]位于英格兰得文郡西部，1951年被划为国家公园。——编注

[106]乔治·奥威尔（George Orwell, 1903—1950），英国著名小说家、记者和社会评论家。他的代表作《动物庄园》和《1984》是反极权主义的经典名著，其中《1984》是20 世纪最有影响力的英语小说之一。

[107]墨西哥南部港市。

[108]这些诨名源自爱尔兰、苏格兰及英格兰等地的各种民间传说，故事中名叫威尔或杰克的主人公因作恶多端而被诅咒永远待在沼泽地里，但被赐予一支火把来温暖自己，他却以此引诱愚蠢的过路人。

[109]英国英格兰东部地区，包括诺福克郡、萨福克郡和剑桥郡。

[110]托尔·海尔达尔（Thor Heyerdahl, 1914—2002 ），挪威著名的探险家、人类学家、海洋生物学家。

[111]原文为冰岛语Landnámabók，译成英文为“Book of Settlements ”。

[112]原文为冰岛语“Hauksbok”，译成英文为“Book of Haukr”，其中Haukr为本书的编

者赫伊屈尔·埃伦迪森（Haukr Erlendsson, ?—1312 ），他是冰岛的一名执法官。

[113]埃里克·托瓦尔松（Erik Thorvaldsson, 950—1003），出生于挪威，挪威维京探险家、海盗，“红发埃里克”（Eric the Red ）是他的外号。他发现了格陵兰，并在那里建立了一个斯堪的纳维亚人的定居点。

疫苗竞赛

人类对抗疾病的代价

THE VACCINE RACE

[美国] 梅雷迪丝·瓦德曼——著
罗爽——译

译林出版社

版权信息

书名　疫苗竞赛：人类对抗疾病的代价

作者　（美）瓦德曼（Meredith Wadman）

译者　罗爽

责任编辑　许昆

出版发行　译林出版社

ISBN　9787544781961

关注我们的微博：@译林出版社

关注我们的微信：yilinpress

意见反馈：@你好小巴鱼

目录
CONTENTS

序言
前言
插图
第一部分 细胞
第一章 开端
第二章 发现
第三章 威斯塔重生
第四章 染色体异常与堕胎
第五章 凋亡的细胞与教条
第六章 瑞典的资源
第七章 脊髓灰质炎疫苗里的“乘客”
第八章 试验
第二部分 风疹
第九章 敌人显现
第十章 孕妇的灾祸
第十一章 狂犬病
第十二章 孤儿与普通人
第十三章 我们已知的魔鬼
第十四章 政治和信念
第十五章 大逃离
第十六章 掉进熊坑
第十七章 细胞战争
第十八章 生物制品标准部失职
第十九章 突破
第三部分 WI—38细胞战争
第二十章 被残杀的婴儿与天空实验室
第二十一章 细胞公司
第二十二章 崎岖道路
第二十三章 疫苗竞赛
第二十四章 生物公司
第二十五章 解释海弗利克极限
第二十六章 新兵传染病与梵蒂冈请愿
第二十七章 细胞的来生

后记 他们如今在何方？
致谢
参考文献
注释

序言

还是《自然》期刊记者的时候，本书作者梅雷迪丝·瓦德曼在2012年的《科学》上读到一封生物学家伦纳德·海弗利克的来信。信中说，来自海瑞塔·拉克斯女士的海拉细胞系并非独一无二，另一来自流产胎儿的细胞系已经用于疫苗生产，拯救了数以亿计的生命。不仅如此，海弗利克还卷入了一场和美国政府的官司，争夺这个细胞系（WI—38）的所有权。官司引发了一场关于人体组织所有权的争议，迄今仍未解决。拯救生命的疫苗、流产和知识产权之争等主题深深吸引了瓦德曼女士。很快，她赶赴加利福尼亚州采访海弗利克博士，开始了本书的写作。

在随后九个月的时间里，瓦德曼女士采访当事人、搜集一手资料、进行实地访问，围绕着WI—38细胞系给读者讲述了一个生动的、仿佛发生在昨天的疫苗发展故事。《疫苗竞赛》开始于海弗利克博士工作的威斯塔研究所，从WI—38细胞系意想不到的分离与发现着手，以时间和研究进程为线索，交叉着疫苗研究，病毒的分离与发现，以及科学家、临床医生、商业公司还有政府和各色社会团体对各自利益的诉求，以通俗易懂的语言给读者讲述了疫苗研究过程中的科学、伦理、商业和政府监管。建于1892年的威斯塔研究所是国际知名的生物医学研究中心，在疫苗研发和传染病研究领域久负盛名，麻疹疫苗、轮状病毒疫苗和野生动物狂犬病疫苗均出自该研究所。当年我就职于宾夕法尼亚大学时，住处与威斯塔研究所仅有几个街区的距离，每日上下班都会经过该研究所，我也和那里的研究人员有不少的学术合作，心中充满了对威斯塔丰富的学术历史和成就的崇敬。

从生物医学角度，作者以极为通俗、生动和科普的语言讲述了细胞分离和培养、疫苗制作、病毒感染等过程。由于作者巧妙的故事情节安排，整本书穿插着对人物个性、生活细节的描述，使得原本枯燥的科学研究过程、实验技术细节变得充满了情感和生命。同时作者还用很大篇幅介绍了在科学家的实验室中研制成功的疫苗，如何通过临床试验和政府部门审批成为产品的复杂过程，以及围绕着细胞、疫苗的利益和权益之争，波澜起伏。一个贯穿《疫苗竞赛》全书的特点是充满了人文主义关爱和深沉的社会服务责任心。通过海弗利克，我们看到了科学家们在战胜病魔上的不懈努力，在秉承社会公平和责任上的勇气。《疫苗竞赛》是少有的可读性极高、趣味盎然的科普作品，

既适合没有疫苗知识背景的普通大众，也适合对疫苗发展历史有兴趣的专业研究人员、公共卫生专家和教育工作者。特别有帮助的是，本书每一章均提供了大量的参考文献，不仅为书中每个情节提供了佐证，也为那些感兴趣，希望进一步了解、研究疫苗历史的读者提供了深入挖掘的方便。

本书译者显然对威斯塔研究所、疫苗及相关的背景做了下狠功夫的调研。书中的专业术语、技术方法和临床病理的翻译都准确地反映了原文的意思。译者在文字处理上也高度体现了原作生动和故事化的特点，使得本译著具有很强的可读性。

吴稚伟

2020年夏于新冠疫情中的南京

献给我的母亲

芭芭拉·康斯坦丝·格林菲尔德·瓦德曼

纪念我亲爱的父亲

汉密尔顿·格雷·瓦德曼

在一个健全的社会里，儿童、男人和女人都能幸福地生活，都因为和睦相处与创造性活动而显得美丽，但这样的社会并不由上天赐予，必须由我们自己创造。

——海伦·凯勒

前言

自然界中极微小的事物有极伟大的作用。

——路易·巴斯德，19世纪法国微生物学家[1]

1964年10月9日，一名女婴诞生在费城综合医院里。她是早产儿，在母亲怀孕大约32周时来到人世。她体重3.2磅，身体发青，毫无精神，也没有呼吸。她仅有的生命迹象就是缓慢的心跳。然而，她还是顽强地活了下来，她17岁的母亲也给她取了名。

一个月后，这名女婴仍然在住院。医生用听诊器听到她的心脏里有粗重的杂音。胸部X光检查显示，她的心脏有个小洞，无法高效地泵送血液，因此肥大得很厉害。医生还注意到，她目光呆滞，不聚焦。于是他们叫来了眼科医生，检查后发现她患有白内障，双眼失明。后来，尽管没有进行正式的听力测验，但其他迹象表明她双耳完全失聪。

1965年1月，这名3个月大的女婴在接受手术，治疗了其中一只患白内障的眼睛后，被母亲带回了家。九天后，她又因为腹泻回到了医院。她住院接受治疗期间，呼吸系统反复感染。她增重困难，这种情况在有同样心脏问题的婴儿身上很常见。1965年7月，在发现她心脏上还有一处缺陷后，心理医生对她进行了评估，确定她虽然已经有9月龄，但发育水平只与两三月龄的婴儿相当。她坐不起来，也抓不住放在手里的东西。

女婴如果想活下来，就需要接受心脏手术。就在她1岁生日前，外科医生在她的胸壁上划开一道7英寸长的切口，修复了心脏。手术后她继续住院。慢性呼吸系统感染仍未痊愈。1966年2月18日凌晨3:30，这名只有16月龄、11磅重的女婴因肺炎去世。在短暂的生命里，她只有九天不是在费城综合医院度过的。

在把女儿送回医院时，年轻的母亲给医生提供了一些信息。怀孕一个月时，她患过德国麻疹，也就是风疹。[2]

1960年代初，对于包括风疹病毒在内的各种病毒——病毒是具有

传染性的微小介质，会入侵细胞，利用细胞的系统进行增殖——人类的研究日趋成熟。拥有新工具的生物学家争先恐后地从感染者的咽拭子、尿液，甚至器官碎片中捕获各种病毒，放在培养皿中培养。在实验室中分离出病毒，使得研制抗病毒疫苗成为可能，而抗病毒疫苗的研制，又使得对麻疹、腮腺炎和风疹等常见的儿童疾病，以及肝炎等不那么常见的致命疾病的防治有了巨大进步。疫苗接种的原理很简单：一个人注射或者吞服特别少量的某种病毒——可以是灭活的病毒，也可以是减毒的活病毒——就会产生相应的抗体。他以后接触到野生的、具有致病性的这种病毒，抗体就会攻击入侵细胞的病毒，阻止它们致病。

然而，原理虽然简单，但制备有效的疫苗却绝不简单。1960年代初，才发生不久的多起悲剧能充分说明这个事实。1942年，多达33万名美国军人暴露在乙型肝炎病毒的威胁之下，原因是他们接种的黄热病疫苗遭到用于稳定疫苗的血浆污染。一些血浆的捐献者携带了乙肝病毒。接种过受污染疫苗的军人中，约5万人患上了危险的乙肝，有100至150人因此丧命。[3]1955年，位于加利福尼亚的卡特制药公司生产的脊髓灰质炎疫苗包含活体致病病毒，导致192人瘫痪，其中包括许多儿童，10人死亡。[4]参与监管卡特公司制药流程的所有高级别政府雇员，上至国家卫生研究院院长与卫生、教育和福利部部长，都因此丢掉了工作。[5]

1961年夏，美国人得知，用于制备著名的索尔克脊髓灰质炎疫苗的猴肾细胞里通常含有猿猴空泡病毒40（SV40）。数千万美国儿童已经注射了受污染的疫苗，而在陪审团还未确定受污染疫苗对健康的长期影响时，未知风险就已经让美国及其他地方的监管者忧心忡忡了。

正是在这种背景下，在1962年6月一个下着蒙蒙细雨的早晨，年轻的科学家伦纳德·海弗利克来到他在威斯塔解剖学与生物学研究所的实验室上班。实验室位于宾夕法尼亚大学校园的中心，是一栋建于1890年代的优美的褐砂石建筑。海弗利克那时才满34岁，身材瘦弱，留着一头黑色的短发，寡言少语。他是费城工人阶级家庭的孩子，急于为自己赢得名声。他喜爱生物学，相信自己足够聪明，但是他的这一特征远未得到赏识。他的上司，著名的脊髓灰质炎疫苗研究先驱希拉里·科普罗夫斯基，仅仅把他当作技术员，雇他来为研究所的骨干生物学家提供一瓶瓶实验室培养的细胞。

雄心勃勃的海弗利克并未因此灰心。就在此前一年，这位年轻的科学家发文挑战了一个重要的科学信条：实验室培养皿中的细胞，如果培养得当，就会无限地增殖。他的发现遭到部分杰出生物学家的质

疑。他当时心想，就让那些批评者唠叨去吧，时间会证明他的结论是对的——实验室中培养的正常细胞，就像人类一样，最终会死亡。

然而，在这个细雨蒙蒙的工作日，海弗利克的心思并不在细胞的死亡上，而是在细胞的诞生上。这一天，他希望能够推出一批将会革新疫苗研制的正常人类细胞。这个机会他已经等了好几个月——等待用于研制这批新细胞的肺送达。研制抗病毒疫苗需要细胞，因为病毒在细胞外无法增殖。而且，生产疫苗还需要大量的病毒。现在，那两叶肺终于放在他繁忙的二楼实验室里了——两叶紫色的东西，泡在玻璃瓶中清澈的粉色液体中。它们放置于冰块上，从遥远的瑞典运过来。赠送者是科普罗夫斯基的一位同僚，他是顶尖的病毒学家，在斯德哥尔摩赫赫有名的卡罗林斯卡学院工作。

几天前，一位生活在斯德哥尔摩附近的妇女做了堕胎手术。大多数瑞典医生都不赞成堕胎，但即使不是出于严格的医学原因，堕胎也是合法的。那位妇女怀孕十六七周，而且已经有了几个孩子。她告诉医生，她的丈夫是个不养家的酒鬼。她已经做了决定。她找来富有同情心的妇科医生伊娃·厄恩霍尔姆为自己做手术，后者是瑞典医学界少见的女医生之一。

手术后，八英寸长的女胎包裹在无菌的绿布里，送到了斯德哥尔摩西北部国家细菌学实验室院子中的一栋黄砖建筑里。这栋建筑里还养着用于研制脊髓灰质炎疫苗的猴子，所以它被戏称为“猴屋”。年轻的博士和医学生有时会被叫到这里来，解剖出流产胎儿的肺，寄送给威斯塔研究所。这项任务并不惬意，但是在他们的老板，即卡罗林斯卡学院顶尖病毒学家斯文·加德提出要求时，他们还是会遵从，戴上头罩，脱下白色的木屐换上红色或蓝色的，然后走进无菌室。在附近一栋装有旋转楼梯的大楼里工作的其他雇员，则负责把解剖出来的肺放在冰上，送去布罗马机场。它们经由飞越大西洋的航班，最终寄送到费城。

海弗利克坚信，与经常携带着许多潜藏病毒的猴肾细胞相比，正常人细胞在用来制备抗病毒疫苗方面更洁净、更安全。他知道自己所处的岗位很特别，他可以生产出能够持久供应的正常人细胞。他已花三年时间，完善了能够实现这个目标的生产流程。[6]

海弗利克带着装有小片肺叶的瓶子，去了实验室旁边那个在1962年被认证为“无菌室”的小房间。他拿起镊子，先在酒精里浸泡，再用本生灯灼烧。镊子冷却后，他轻轻地将两叶肺依次从瓶子里取出来，放在皮氏培养皿上。两叶未发育完善的肺每叶至多只有半截拇指那么大。他组装了两把手术刀，调整好它们的相对角度，开始细心地把肺

叶切碎。他一直把它们切成了针尖大小的无数碎片。

海弗利克轻轻地将这些碎片推进广口烧瓶里。烧瓶里的半透明粉色液体看上去很纯净，但是其中充满了从处死的猪体内提取的消化酶。这些生物钻机会凿碎细胞之间的“砂浆”，将数百万细胞释放出来。

随后，他将得到的细胞转移到几个方形玻璃瓶里，再往里面加入营养液。他把这几个瓶子装到托盘里，送去实验室旁边的孵化室。孵化室里的温度是舒适的96.8℉。他把瓶子平放在木架上，小心地关上门离开了。

细胞开始分裂。

海弗利克已经给它们取好了名字：WI—38。

海弗利克在那个久远夏日建立的WI—38细胞系被用来生产疫苗，这些疫苗接种给了超过3亿人，其中半数是美国的学龄前儿童。一些使用海弗利克开创的方法制备出来的细胞，被用来生产了另外60亿支疫苗。所有这些疫苗保护了世界各地的人们免受一系列病毒性疾病的侵扰，包括风疹、狂犬病、水痘、麻疹、脊髓灰质炎、甲肝、带状疱疹，以及常见于近距离接触中由腺病毒引起的呼吸道感染。（美国的每名入伍新兵——自1971年以来有超过900万人——都要接种用WI—38细胞生产的腺病毒疫苗。）[7]

在美国，使用WI—38细胞制备、至今仍然在给幼儿接种的风疹疫苗，消灭了美国本地的风疹。该疫苗的研发者是海弗利克在威斯塔研究所的同事斯坦利·普洛特金，而研发的背景则是1964和1965年席卷全美国的那场灾难性的风疹大流行。那次风疹爆发伤害了成千上万的美国婴儿，其中包括前述那名在费城综合医院度过了其短暂生命里大多数时间的婴儿。本书将要讲述的故事就有关那场疫情，有关随之而来的研发风疹疫苗的竞赛。

在那么久之前建立的WI—38细胞系，怎么会今天还在使用？一部分原因是，海弗利克最初制备的细胞数量很多——他在1962年夏冷冻了800支装着这种细胞的酒瓶状小安瓿。另一部分原因是，那些细胞在冷冻时不会分裂，但是在解冻后——即使过了几十年——会顽强地开始复制。还有一部分原因是，细胞能够呈指数级增殖。海弗利克冷冻的每个小玻璃瓶，当时都容纳着300万到400万个细胞。而且，平均而言，瓶子里的这些细胞都能够分裂大约40次。早些时候，海弗利克在计算后得出结论：那些仅仅覆盖一个小玻璃实验瓶底部的新细

胞，如果一直复制到死亡，最终会产出2200万吨细胞。他制备出来的那800瓶细胞，实际上可以无穷无尽地使用。

所以，除了用来制备疫苗外，那些WI—38细胞还成为第一种可供科学家探究细胞生物学奥秘的非癌正常细胞，而且供应几乎无穷尽。因为对许多病毒易感，所以在更先进的技术还未出现的1960年代，它们对于追踪病毒的疾病侦探来说很重要。如今，生物学家在需要正常细胞来对照癌细胞，或者来测试可能推出的新药是否有毒时，仍然会使用WI—38细胞。这些细胞还长期用于老化研究，因为它们在实验室器皿里的老化过程很可靠。它们得到了科学史学家的高度关注，最初装WI—38细胞的安瓿，以及装用WI—38细胞制备的脊髓灰质炎疫苗的安瓿，都被美国国家历史博物馆收藏。

1960至1970年代，WI—38细胞成了海弗利克和美国政府之间一场激烈而重要的争端的热点。他们最初争论用它们来制备疫苗是否安全，后来争论它们属于谁。海弗利克对这些细胞有着超乎寻常的占有感——他曾经说它们就像“我的孩子”——这促使他带着所有WI—38细胞傲慢地逃离威斯塔研究所，去了3000英里外的斯坦福大学任职。他的离开惹恼了威斯塔研究所的所长科普罗夫斯基，因为科普罗夫斯基有自己的计划，想用这些细胞赚钱。

海弗利克带着细胞逃离，最终会招来资助他研发WI—38细胞的国家卫生研究院的调查，这场调查影响了他的职业生涯。[8]1970年代后半段，在对WI—38细胞所有权的争夺正十分激烈时，对于谁可以用生物学发明挣钱这个问题，人们的态度和国家的法律都发生了巨大的变化。以前，人们期望生物学家为一份薪水和更高尚的人类福祉工作，但在这短短几年里，他们任职的大学以及政府却开始鼓励他们将发明成果商业化，鼓励他们为任职的机构、美国的经济，以及他们自己谋利益。

尽管在WI—38细胞制备出来很久以后才出现这些变化——而且在WI—38细胞制备出来18年后，美国最高法院才裁定WI—38细胞这样的生物实体能够获得专利——但这并不意味着WI—38细胞还没有用来营利。尤其是制药巨头默克公司，就通过使用WI—38细胞生产风疹疫苗赚了数十亿美元——风疹疫苗是美国婴儿和学龄前儿童疫苗接种计划的一部分，该计划确保每年注射疫苗700多万支，这并不包括在其他40多个国家和地区使用的疫苗，而默克的疫苗也在这些国家和地区销售。此外，直到1980年代末，威斯塔研究所一直源源不断地获得丰厚的专利使用费，而源头就是其科学家使用WI—38细胞研制的多种疫苗，包括一种经大幅改良后风险降低了的狂犬病疫苗。如今，各家细胞库会为一小瓶细胞要价数百美元。

但是，WI—38细胞的故事所涉及的远不只是钱，也不只是海弗利克——建立了WI—38细胞系的离经叛道的科学家——的极其独特的事迹。它涉及那位没有发声、身份不明的瑞典女性；在没有得到她同意的情况下，她的胎儿被用来制备WI—38细胞。它涉及那些临终的患者；科学家们为了验证WI—38细胞不会致癌，将细胞注射到这些患者的手臂上。它涉及那些在WI—38细胞用于制备更优质疫苗前死于狂犬病的普通美国儿童，以及那些在美国政府停止给军队提供腺病毒疫苗后死于感染的入伍新兵。它还涉及那些反堕胎人士，他们当时和现在一样，对于任何使用人胎细胞制备的疫苗都怀有深深的道德憎恶。

WI—38细胞的故事还有关斯坦利·普洛特金，当时这位年轻的科学家顽强地对抗强大的竞争者，使用WI—38细胞研发更优的风疹疫苗，还对抗那些差点阻止了他的纯政治性障碍。它有关那些1岁、2岁和3岁的孤儿；斯坦利·普洛特金得到费城大主教的同意，在他们身上测试了那种风疹疫苗。它还有关一种讽刺，即风疹疫苗防止了数百万例流产、死产和婴儿死亡，而生产这种疫苗的细胞却来源于一个流产胎儿。

本书充满了今天会为我们所憎恶的医学实验。给年轻、健康的囚犯注射含有肝炎病毒的血清；给早产的非洲裔美国婴儿接种实验性的脊髓灰质炎疫苗；给有智力障碍的儿童接种未经检验的风疹疫苗。

我们吓得退缩了。许多科学家的实验对象是我们当中最无声、无力的人，要不假思索地谴责这些科学家很容易。很多时候他们的行为确实令人震惊，令人无法原谅。但是，尝试去理解他们为什么那样做会更加有益，或许更能预防未来再次发生类似的背叛行为。

那些实验大部分都始于第二次世界大战期间。[9]

它们缘于第二次世界大战的急切需要。当时，文明岌岌可危，所以美国医学界盛行着只要目的正当就可以不择手段的心态，要尽力保障前线士兵的健康。[10]每个人都要为这项事业贡献力量，甚至包括福利机构中那些身体有严重缺陷的人。战争结束了，这种心态却没有结束。战后二十年，以及在1970年代的几个案例中，医学研究人员还在用人——他们几乎都是弱势群体——来做实验，这让他们患病，有时甚至死亡。[11]

人们认为，这些科学家也自认为，他们参与了击败疾病的英勇战斗。他们雄心勃勃，锲而不舍，还从美国政府那里得到了丰厚的资助。而且，他们也取得了成绩。

在第二次世界大战期间以及其后二十年中，儿童死亡率明显降低，主要是因为抗击传染性疾病的事业取得了巨大的进展。在1940年代得以使用的抗生素，使伤寒和痢疾之类时常致命的疾病变得不再那么可怕，并大幅降低了结核病的发病率和致死率。预防白喉、脊髓灰质炎和百日咳的疫苗，重创了这几种会导致儿童死亡的疾病。到了1960年代，传染性疾病致儿童死亡的情况就很罕见了。

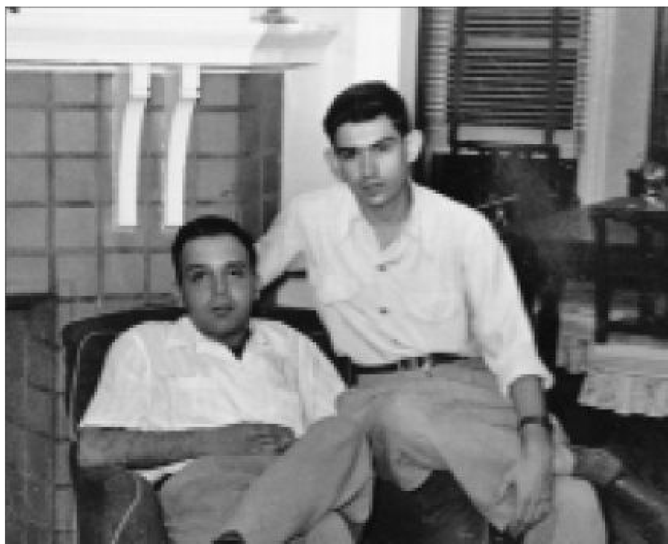
在那个年代进行不道德人体实验的人并非医学界的门外汉。他们是顶尖的医生和研究人员，他们的研究工作得到美国政府、私人资助者，以及著名医学院和医院的全力支持。但是，1966年，《新英格兰医学期刊》发表了一篇意义深远的论文，揭露了许多实验给弱势人士造成的伤害，于是政府开始采取新的保护措施。[12]美国公共卫生局局长要求，当事人知情同意后才能参与由美国政府的卫生机构资助的研究项目，而研究人员得到一个独立委员会的批准后才能进行人体实验，这个独立委员会负责审查实验参与者面对的风险和收益。[13]后来，这些保护措施得到加强和扩充，并且写入了美国法律。如今，针对受试者的保护体系并不完美。实际上，该体系有严重的缺陷，受到激烈的批评。[14]但是，比起半个世纪前那种无力的状况，它已经有了极大的改善。

我们不可能将人类剥削的历史从战后研发的疫苗和药物中剥离。让它们得以研发的知识，与它们交织在一起。我们应该因此回避它们吗？绝对不应该。风疹是一个例证。我在2016年夏写作本书时，十多个国家和地区的1700名婴儿在出生时患有小头症或有其他大脑畸形的情况，原因是他们的母亲在怀孕时感染了寨卡病毒。[15]寨卡病毒的出现，让人们很清晰地回想起1964年美国的生活图景。当时没有风疹疫苗，风疹病毒会选择性地伤害子宫中的胎儿，所以成千上万的美国婴儿出生时有严重损伤。像寨卡病毒一样，风疹病毒会影响胎儿的大脑；它还会严重损害胎儿的眼、耳和心脏。但是，要感谢在福利院中的孤儿和智障人士身上实验而得到完善的风疹疫苗，如今西半球已经消灭了本地风疹病毒。偶有风疹病例，病毒也是从其他国家传来的。

我们无法让时光倒流。想在一定程度上弥补那些儿童和无名人士，仅有的办法就是继续使用疫苗来预防风疹，预防其他在相关疫苗问世前让童年成为一段充满危险的旅程的疾病，从而让他们的贡献变得有意义，以此来尊重他们的贡献。我们还需要不断努力，实施和完善保护受试者的法律法规，确保不会再次出现类似的虐待行为。在评判那些利用弱势群体来增进人类健康和促进自己职业发展的人时，我们要记得他们受到其时代的局限，正如我们也生活在自己的时代中一样。与抨击他们相比，更有用的做法是自问：有哪些我们今天所做、

所接受、所避而不谈的事情，会让我们的孙辈在看待我们时质问，你们当时怎么能让那样的事情发生？

插图

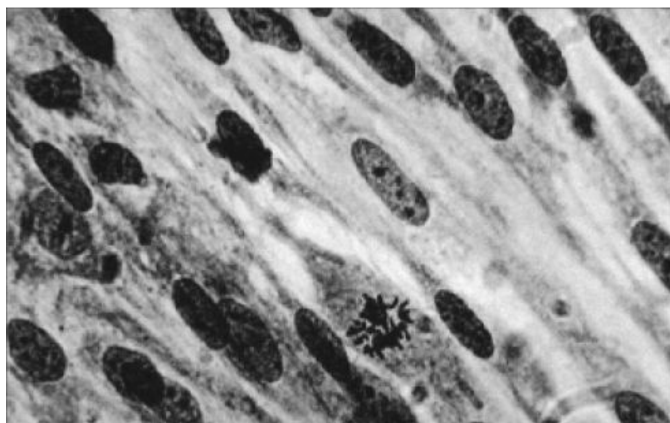


青年伦纳德·海弗利克（右）与朋友诺曼·科恩。

科普罗夫斯基任所长后不久的威斯塔研究所，1957年。这栋建筑建于1894年，坐落于宾大校园中。

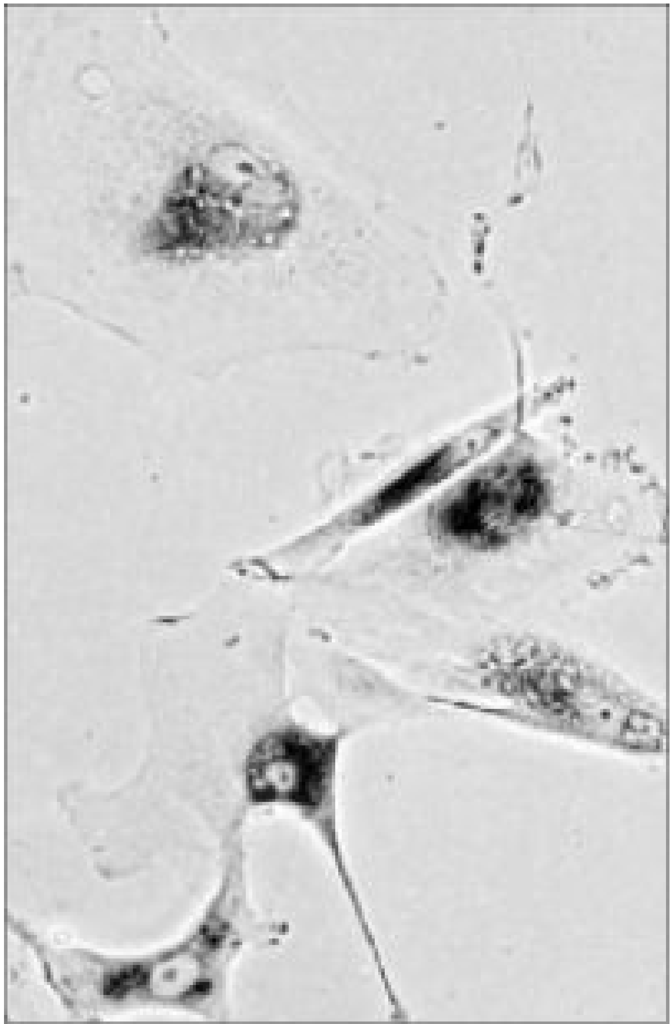
I.S.拉夫丁，宾大医院外科主任，1959年。他帮助海弗利克从该院获得了流产的胎儿。

伦纳德·海弗利克，在威斯塔研究所实验室中查看正常的人胎细胞，1960年前后。



显微镜下的年轻WI—38细胞。它们培养自一个1962年流产的瑞典胎儿。椭圆形的是细

胞核。细长的纺锤状细胞体颜色浅得多。图片下方中间位置的深色团块是准备分裂的细胞染色体。



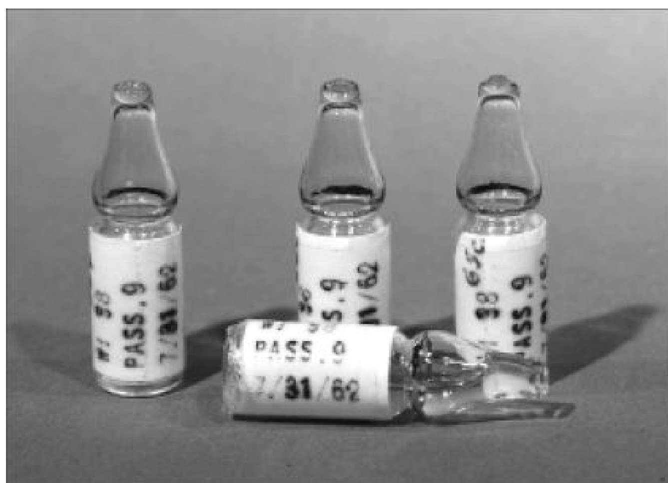
年老的或“衰老的”WI—38细胞。它们停止了分裂，不再呈细长的纺锤状。它们的细胞核已被一种对衰老细胞选择性着色的染色剂染色。

斯文·加德与助手伊娃·奥尔森（左）、布丽塔·莫贝里，在卡罗林斯卡学院加德的实验室中查看感染了柯萨奇病毒的幼鼠，1952年。

加德的首席技术员伊娃·赫斯特伦，在加德的实验室中查看感染了脊髓灰质炎病毒的培养组织，1955年。

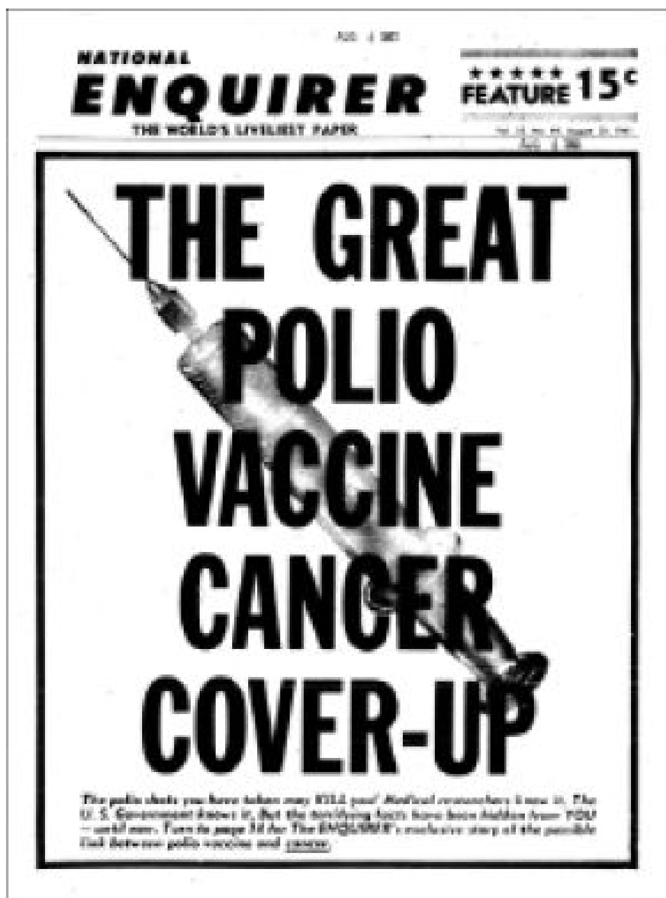
瑞典医生、流行病学家玛加丽塔·伯蒂格，1962年前后。伯蒂格被派去调查WI—38胎儿母亲的病史。

瑞典妇科医生伊娃·厄恩霍尔姆，在她实施WI—38堕胎手术前后，1962年。厄恩霍尔姆喜欢开快车、喜爱冒险，但在实施堕胎手术时却十分谨慎。

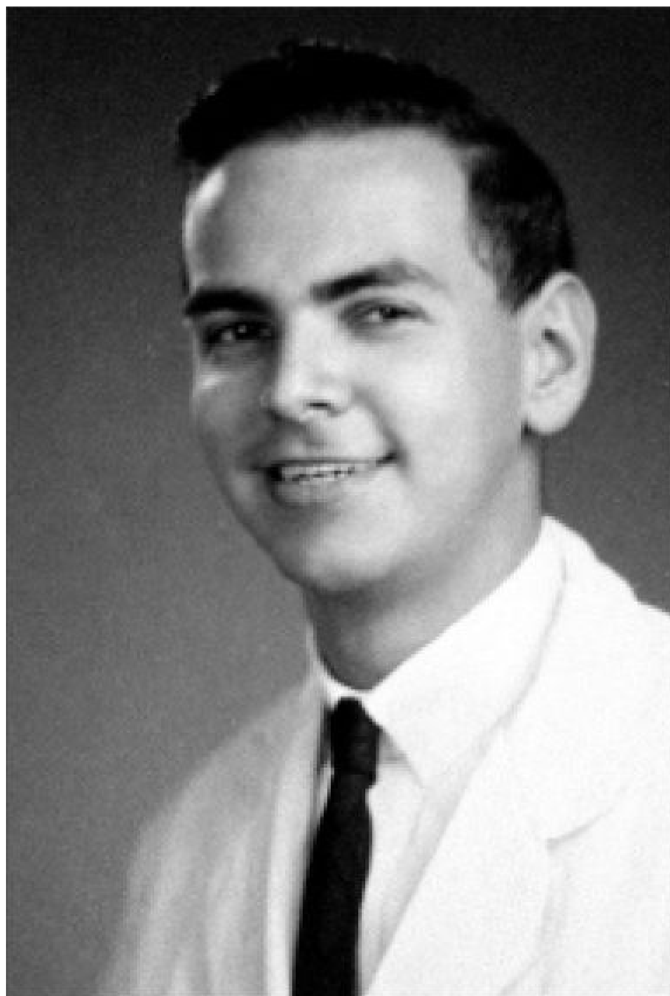


年轻的WI—38细胞装在安瓿中冷冻，1962年。

国家卫生研究院的安全科学家伯尼斯·埃迪（左）与同事萨拉·斯图尔特，1950年代。埃迪因发现并公开谈论制备脊髓灰质炎疫苗的猴肾中潜藏致癌病毒，而遭到降职。



尽管主流媒体没有注意到这个问题，但《国家调查报》清楚地报道了这种潜藏的致癌猿猴病毒，科学家后来估计有数千万剂索尔克脊髓灰质炎疫苗遭到污染。这篇封面报道刊登于1961年8月20日。

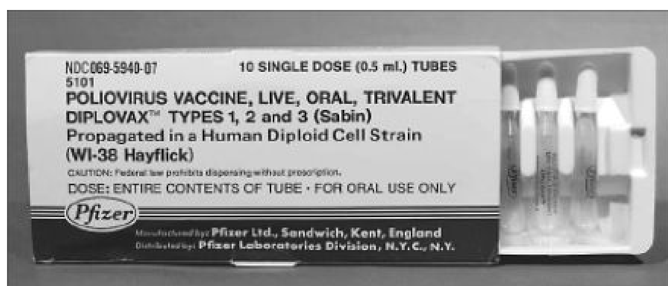


1962年，19岁的吉姆·普帕尔在威斯塔研究所为希拉里·科普罗夫斯基工作，他在费城综合医院为早产儿接种实验性脊髓灰质炎疫苗。本照片拍摄于1961年他接受医疗技术员培训期间。

费城综合医院新建的早产儿室，1956年。这家医院得到了非洲裔美国女性的信赖，1960年该院出生的婴儿中94%为黑人婴儿。该院的儿科主任允许威斯塔研究所的科学家用婴儿做脊髓灰质炎疫苗试验。

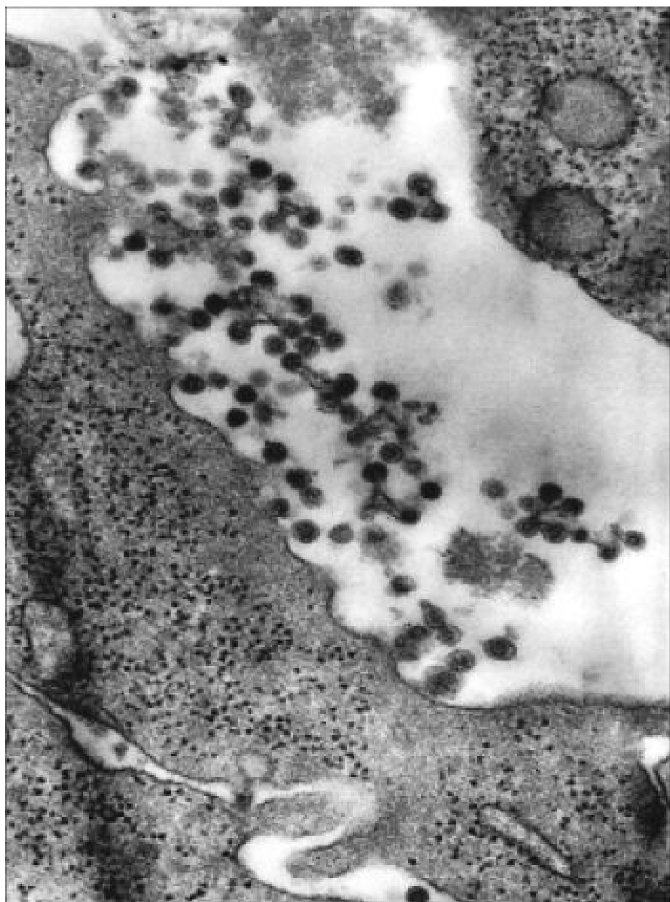
费城综合医院，1964年前后。它的患者主要是非洲裔美国人。从照片的前方可以看到隔开费城综合医院与宾大的黑墙。

1955至1972年，罗德里克·默里主管国家卫生研究院生物制品标准部，审批在美国上市的疫苗。海弗利克于1962年培养出WI—38细胞，此后十年，默里一直不批准以其生产的疫苗。



1972年，辉瑞以海弗利克的WI—38细胞制备的脊髓灰质炎疫苗获得美国食品药品监督管理局批准，这距离它研发出来已经过去十年了。供应短缺，加上莱德利实验室的打压使人们对它丧失了信任，1976年辉瑞在美国停售了这种疫苗。

澳大利亚眼科医生诺曼·麦卡利斯特·格雷格，他发现了风疹对胎儿的损伤。格雷格用心听患者对话，从而在1941年得到了经典的发现。



电子显微镜下两个细胞之间的风疹病毒粒子。左侧，粒子正从细胞表面释放出来。病毒入侵细胞后会征用细胞的机制来复制更多病毒。

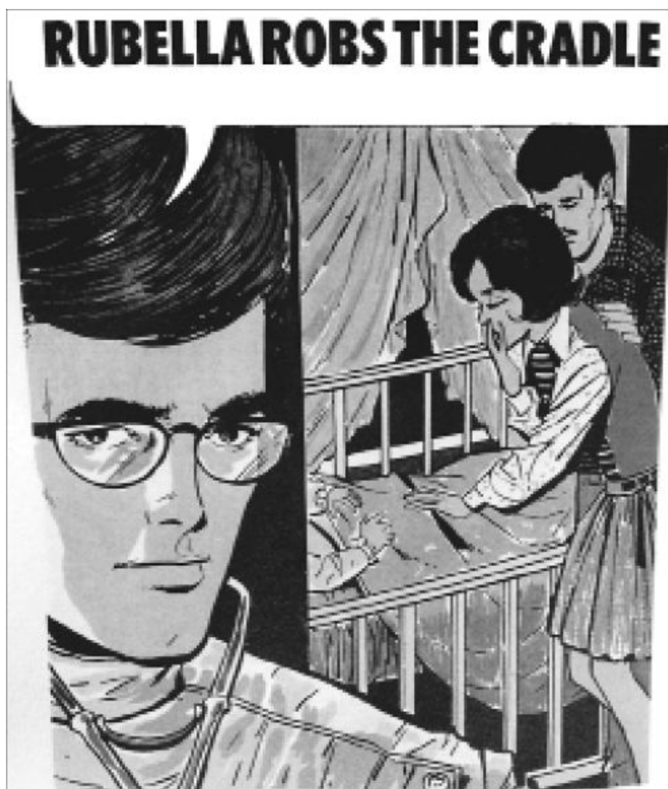
斯坦利·普洛特金在威斯塔研究所使用移液管转移风疹病毒，1965年前后。现在大部分移液管都通过活塞操作，样子像注射器。

童年时的斯蒂芬·文茨勒，1972年前后。斯蒂芬的母亲玛丽在怀孕初期感染了风疹。斯蒂芬出生时就患有白内障，并且严重失聪。他的心脏也因病毒受损。

圣文森特儿童之家，1971年。斯坦利·普洛特金得到罗马天主教会费城大主教约翰·约瑟

夫·克罗尔同意，于1964至1967年以这里的儿童测试他的风疹疫苗。儿童之家属于费城大主教区，工作人员来自耶稣宝血女修会。

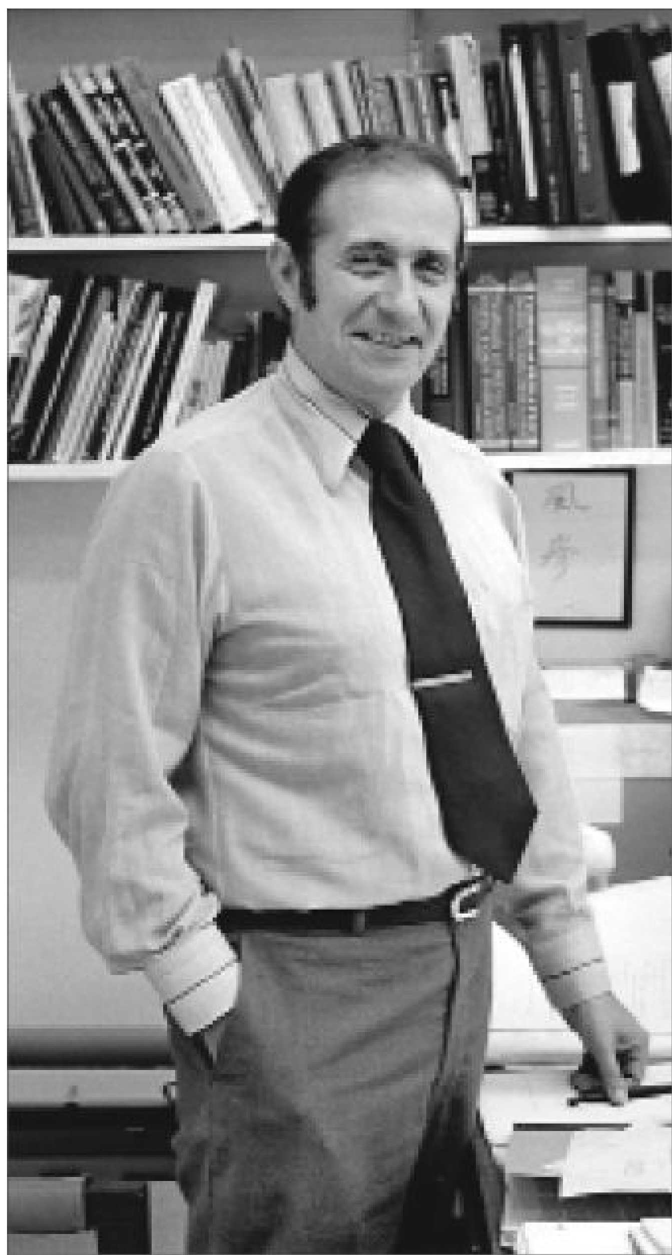
莫里斯·希勒曼（左）与同事尤金·拜纳克给鸭子注射风疹病毒，1960年代末。不同于普洛特金以人细胞制备的疫苗，默克最早的风疹疫苗以鸭胚细胞制备。



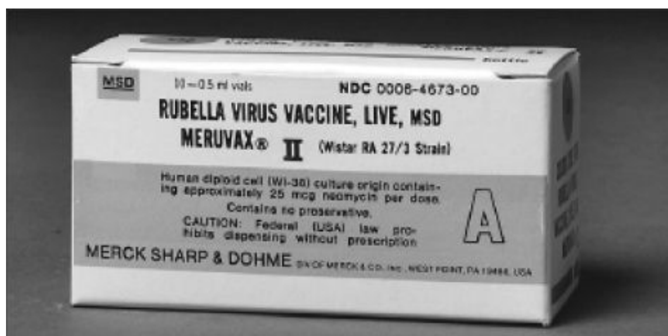
美国出生缺陷基金会（March of Dimes）1970年的一张海报。它诉诸医学权威与恐惧，敦促人们注射新疫苗预防风疹。

这块政府投资的广告牌是一场运动的一部分，该运动旨在于1970年风疹流行之前，为数百万人接种新获批的风疹疫苗。

多萝西·霍斯特曼，耶鲁大学医学院的儿科医生。她对1969与1970年获批的风疹疫苗的有效性提出质疑。她最终说服默克公司的莫里斯·希勒曼转而生产普洛特金更优的疫苗。



斯坦利·普洛特金在费城儿童医院他的办公室里，1979年前后。他的风疹疫苗由默克公司使用WI—38细胞生产，在1978年获得美国食品药品监督管理局批准。



默克1979年1月投入市场的新风疹疫苗。外包装上注明它使用斯坦利·普洛特金的RA 27/3风疹病毒株、以伦纳德·海弗利克的WI—38细胞生产。

伦纳德·海弗利克在斯坦福大学，1975年前后。这一年，国家卫生研究院就他对WI—38的保管工作展开调查。

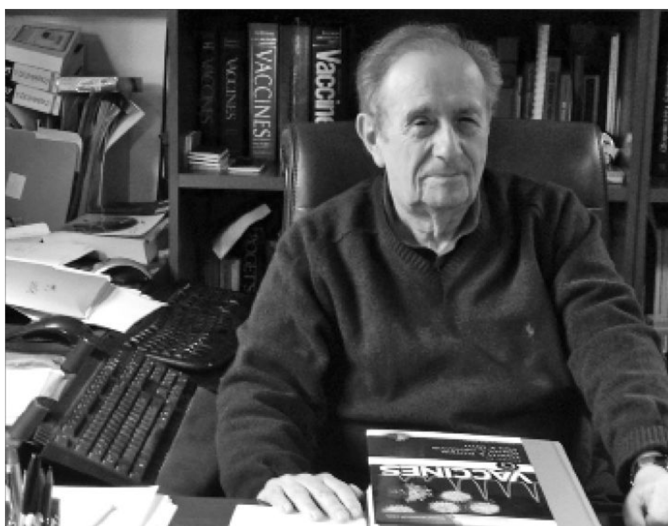
詹姆斯·施赖弗是国家卫生研究院内部的审计部门，管理调查与审查部主任。1976年初，他发布了一份报告，谴责海弗利克对WI—38细胞的处理和出售。

18个月大的安娜·麦康奈尔，2002年。心脏手术后，她又接受了气管切开术，这意味着在3岁之前她都要靠一根管子呼吸。安娜又聋又盲，患有法乐氏四联症。她母亲怀孕时曾感染风疹。

2004年，海伦·凯勒全国盲聋青年与成人中心在一张海报上放了文茨勒的照片，纪念1964年风疹流行40周年。它呼吁雇主聘用因那场疫情而致聋致盲的人。

电子显微镜下放大7万倍的子弹状狂犬病毒粒子。自1962年开始，希拉里·科普罗夫斯基与塔德乌什·维克多使用海弗利克的WI—38细胞研发一种大幅改良的狂犬病疫苗。

1971年，威斯塔研究所以WI—38细胞制备的狂犬病疫苗进入人体测试阶段，希拉里·科普罗夫斯基是首位测试对象。图为斯坦利·普洛特金（左）为希拉里·科普罗夫斯基“接种疫苗”。此照片为摆拍，实际接种时间更早一些。疫苗的共同发明人塔德乌什·维克多正“约束着”科普罗夫斯基。



80岁的斯坦利·普洛特金，2012年。“我喜欢说，风疹疫苗防止的堕胎要比天主教狂热分子阻止的多好几千例。”他说。现在，普洛特金是疫苗生产商和非营利组织的顾问，并时常撰文督促各国家和地区为疫苗研发设立国际基金。

伦纳德·海弗利克与妻子露丝在位于加利福尼亚“海洋农场”的家中，2013年。海弗利克将WI—38细胞保存在液氮冷柜里，放在位于峭壁上、俯瞰太平洋的自家车库中。2006年，他将细胞捐献给了新泽西州卡姆登的科里尔医学研究所。“是时候了，”他告诉《自然》期刊，“我的孩子现在已经成年，应该离家了。”

第一部分　细胞

第一章　开端

费城，1928—1948年

> 从前有一个男孩，他生活在一个现在已经消失的村庄中，一栋现在已经消失的房子里，一片现在已经消失的田地边上。在那里，一切都有可能被发现，一切都有可能发生。
>
> ——妮可·克劳斯，《爱的历史》[16]

在8岁左右，伦纳德·海弗利克受过一次惊吓，他吓得哭着跑去找母亲。那次惊吓让他记忆深刻。那天，他和几个朋友在费城西南部他家附近的科布斯溪水公园徒步。他踩着踏脚石蹚过小溪时滑倒了，打湿了一只运动鞋。

小男孩当时很惊慌。脊髓灰质炎通过受污染的水传播，而这种会致人瘫痪，有时还会致人死亡的疾病，在1930年代中期让人们惊恐不已。海弗利克坐下来，哭着脱掉鞋和袜子，抓起身边能够找到的泥土或杂草，拼命地擦脚。他回家去找母亲，母亲尽量安慰他。

他的恐惧很正常。在19世纪还很罕见的脊髓灰质炎，到了20世纪就变得特别常见。每年夏天，脊髓灰质炎发病人数都会激增，所以母亲都不让孩子去公共游泳池。就连美国最有特权的人也不安全。实际上，富人成长于更干净的环境中，更不容易接触到脊髓灰质炎病毒，不像儿童那样容易产生保护性抗体。富兰克林·D.罗斯福，那位坐在轮椅上治理国家的总统，就是在39岁时因为可怕的脊髓灰质炎而瘫痪的。

事实上，在1930年代，各种传染性疾病都是实实在在的威胁。儿童因猩红热、流感、结核和麻疹而死亡。当时没有可靠的疫苗能预防这些常见的疾病。第一份抗生素处方要等到1930年代末才开出来。海弗利克还记得费城卫生部门挂在患者家前门上的那种橙色标牌，上面

用黑色大字写着：该房屋因麻疹（或其他传染性疾病）隔离。

但是，海弗利克没有因为踩到科布斯溪的溪水而感染脊髓灰质炎。他比1930年代数以千计的儿童幸运。

海弗利克出身低微。他生于1928年5月20日，父母是内森·海弗利克和艾德娜·海弗利克。当时，年轻的海弗利克夫妇才在费城西南部一个工人阶级社区里买下一栋狭小的砖砌排屋。从第一次世界大战前开始，一直持续到1920年代，大量犹太移民跨过斯库尔基尔河，离开费城南部的贫民窟，[17]而海弗利克的父母就是这场移民潮的一部分。移民们建造了多所蓬勃发展的犹太教堂和希伯来学校。社区里的人行道修得很宽，移民家庭也都建立不久。学校尽管算不上一流，但是并没有扼杀许多家庭决定创造更好生活的雄心。

海弗利克的父亲内森在8岁时，一家13口人生活在费城南部一栋排屋里，隔壁就是一个充斥着暴力的红灯区。[18]在这个十分拥挤的社区里，用鹅卵石铺就的昏暗大街小巷通常都没有人行道和下水道，所以污水和排泄物会积在路面的裂缝里，在冬天结成冰，在春天又融化开来。[19]一间屋外厕所要供数十人使用。因懒政和腐败而臭名昭著的费城市政府，几乎没有采取任何措施来改善状况。实际上，只有在费城南部爆发霍乱、斑疹伤寒或白喉疫情，且有可能蔓延时，他们才会关注这个地区。[20]拥挤和肮脏让这座贫民窟成为1918年那场毁灭性的流感大爆发的完美温床，它导致医院和收容所里人满为患，尸体停满了太平间，甚至摆到了街上。[21]尽管内森的母亲很快就因为结核病去世，但海弗利克家在这种环境中安然无恙地存活下来。在十五六岁时，内森·海弗利克开始工作，驾驶家中运送牛奶的马车。

没过几年，他就在克莱麦克斯公司——费城一家顶尖的假牙设计公司——找到了工作。他后来成为假牙设计大师，阿尔伯特·爱因斯坦是他的客户之一。他有一天在一家人气很旺的小餐馆吃饭，遇到了艾德娜·西尔弗，一位文静、细心、漂亮的年轻姑娘；她也来自费城南部，出身东欧移民家庭。两人在1927年结为夫妻，搬到了斯库尔基尔河对岸。

他们的三室排屋很快就住满了。他们在婚后次年生下了伦纳德·海弗利克，18个月后又生下女儿伊莱恩。伊莱恩出生那天是1929年11月11日。就在两周前，美国股市大跌，大萧条开始。

到了1933年，费城半数的银行都已破产，仅仅40%的人有全职工作。[22]费城县救济委员会开始向学生发放鞋子，每天700双。[23]内森·海弗利克降薪了，海弗利克家和费城其他9万个家庭一样失去了

住房。[24]他们搬到了附近的出租屋里。最终，海弗利克家的经济状况好转，海弗利克夫妇在租住的社区买了一栋简简单单的排屋，伦纳德·海弗利克的青少年时期就是在这里度过的。

尽管一家人在大萧条期间经历了种种困难，但海弗利克说他不记得自己饿过肚子，也从来不知道家中的经济困境。

“我从来不会特别想挣钱，”他说道，“大萧条和我父母的经历没有影响我的人生观。”[25]但是，大萧条确实对他产生了某种影响，正如他在2003年接受采访时所言：“在大萧条中长大的经历与我的职业道德，以及我对自己的信念关系紧密。这个信念就是，我认为真实和正确的事情只要可以证实如此，我就要对它们有信心。”[26]

在那次采访中，他还回忆说，父母的宽广胸怀培养了他挑战传统的天生倾向。“我的父母都特别开明……我很喜欢挑战教条。如果说我会挑战什么，那就是正统观念。”

海弗利克很早就接触到实验室的生活。他有时会在周六跟着勤奋的父亲去克莱麦克斯公司的实验室。内森·海弗利克让儿子坐到本生灯前面，给他塑料模具和低熔点的金属，让他专心致志地把金属熔化后倒进模具里。从他未受过教育却富有才华的父亲那里，伦纳德·海弗利克学会了在实验室操作自如。从父亲身上，他还看到了没有文化的坏处。他父亲对各种科学问题都很入迷，但是没有工具和精力去深研它们；工作日里他要工作13个小时，回家躺倒就睡。

海弗利克的母亲教他不惧提问。他问街角卖报的小贩在喊什么——无论他们的三英寸标题说的是在海弗利克还不满4岁时发生于林德伯格的婴儿绑架案，还是在他9岁时希特勒的军队攻入奥地利——她母亲都耐心而清楚地回答他。

海弗利克10岁或11岁时，意外地从他最喜爱的舅舅那里得到了一件礼物。这件礼物点燃了他的热情。雅各布·西尔弗曼，一位聪明、整洁、30岁左右的单身汉，送给外甥一只吉尔伯特公司生产的化学实验箱。实验箱里面有试管、试管架、试管夹，以及一盏酒精灯；酒精灯配有毛玻璃灯帽，可以盖住灯芯，防止酒精挥发。

海弗利克震惊地了解到，宇宙仅仅由92种元素构成（当时人们这样认为），它们结合时会出现特别的现象。他陶醉于颜色的变化、火焰的燃烧，以及试管底部神秘析出的物质。86岁时，海弗利克仍然保存着实验箱的操作手册和那盏酒精灯。

没过多久，海弗利克就用完了实验箱里配的化学品，做完了配套的实验。他和附近的朋友特迪·库珀一起，开始骑着自行车走遍整个费城西南部，寻找能够让他们好好炫耀一番的化学品和玻璃器皿。他们结识了杜比公司一位好心的售货员，这家公司是位于宾夕法尼亚大学附近的化学品和玻璃制品供应商。那位身材瘦削、戴着眼镜的售货员最终让他们看了商店地下室里的陈货，他们最后带了许多过时的曲颈瓶和冷凝器回家。

很快，海弗利克就忙着在地下室里建自己的实验室了。他围起一个角落，安放一张操作台，组装出架子，在上面自豪地摆出一瓶瓶化学品，这些瓶子都贴了标签。他和库珀还叫那位好心的售货员卖给他们一些钠——一种不稳定的金属，硬度与固体黄油相当，储存在煤油中以防止爆炸，遇水反应放出氢气，燃烧并发出爆鸣声。售货员告诉海弗利克，只有海弗利克的母亲写信来，他才会把金属钠卖给他。海弗利克便回家写了一封信，他的母亲信任他，在信上用漂亮的花体字签下了自己的名字。暴风雨过后，海弗利克和库珀骑车穿行在社区的小巷子里，将一块块金属钠扔进晴天时插晾衣竿的洞里，然后欢快地加速骑走了。

高中毕业时，海弗利克对不公正十分敏感，尤其是在自己受到不公正对待的时候。在约翰·巴特拉姆高中，他因为理科成绩优异，获得了博士伦荣誉科学奖，但是他得知自己在竞争丰厚的费城市长奖学金时排在一位女同学之后，位居第二名，便冲进校长办公室，愤怒地把博士伦荣誉科学奖还了回去。费城市长奖学金本可以支付他就读全国任何一所大学或学院的学费。

“那件事让人失望难受，很难受，”海弗利克在2012年的一次采访中强调道，听上去就好像在事情过去差不多七十年后，他仍然能够感受到那种失望。[27]“它明显是个安慰奖。最好的奖给了一个‘马屁精’，她母亲给老师送过馅饼和礼物。”

天普大学给海弗利克提供了奖学金，但是他没有接受。他给自己定的目标更高。他想去赫赫有名的宾大，也就是宾夕法尼亚大学。宾大位于费城西部，上百英亩大的校园里爬满常青藤，海弗利克的父亲坐电车上班时要经过这座校园。宾大由本杰明·富兰克林创建。宾大医学院和哈佛大学医学院一样历史悠久，校史上人才济济，拥有众多顶尖的医学和科学人才，如医生威廉·奥斯勒，以及解剖学家和古生物学家约瑟夫·莱迪。1946年1月，海弗利克在即将高中毕业时，申请去宾大并被录取。他父母勉强凑了250美元，给他交了春季学期的学费。

海弗利克当时才17岁，身材瘦小，身高不足1.8米，在众多借由

《退伍军人权利法案》拥入大学的退役军人中不知所措。不仅海弗利克感觉到胆怯，并且很快他的父母就明显无法继续负担他的学费，尤其是因为他妹妹也准备上大学。所以，1946年5月，过了18岁生日后不久，海弗利克就从宾大休学入伍了。等到他退役回到宾大时，可以依据《退伍军人权利法案》免付学费，重要的是，最终还可以得到每个月75美元的生活补助。

服役期间，海弗利克先在马里兰州的阿伯丁试验场学习修理防空炮，后来去了佐治亚州的本宁堡，在那里他被选中担任一个教学项目的教师，帮助新兵完成高中学业。课程并没有吸引来许多士兵，海弗利克那段时间可以开心地在他的小办公室里读书。这个职位还配了专车，他经常叫司机载他去基地上的图书馆。

1948年春，海弗利克在快20岁时回到了宾大，他当时并不确定要走哪条学术道路。他选修了化学、数学、动物学和英语；他还记得在沃顿商学院选修过会计课程。但是没过多久，他没法专心学习了，因为他家遭遇了危机。

1940年代末，在克莱麦克斯公司工作了三十年后，内森·海弗利克被外甥诺曼·西尔弗曼说服，离开克莱麦克斯公司，加入了西尔弗曼新创立的假牙设计公司——胜利实验室。公司位于新泽西州卡姆登市，坐落在特拉华河河畔。西尔弗曼是个富有魅力和雄心的年轻企业家，才进入假牙设计行业。内森·海弗利克当时是大师级的工匠，但不是商人。因为两人性格不合，他们的合作最终以灾难收场。内森·海弗利克患上了抑郁症，让儿子伦纳德·海弗利克特别担心。他开始旷课，中午离开学校，过河去带父亲吃午饭，好让他从实验室离开几个小时。

内森·海弗利克没有退路，他在克莱麦克斯的职位已经被人顶替。他快50岁了，只接受过小学教育，只会一门手艺。伦纳德·海弗利克觉得他父亲只有一条出路。内森·海弗利克得自己创业，带走他那些忠诚的牙医客户。尽管还是宾大的学生，但海弗利克着手给父亲创建一间实验室。他耳濡目染，熟悉假牙设计工艺，确信自己能够成功。他必须以微薄的资金办成这件事，因为海弗利克一家四口全靠《退伍军人权利法案》每月给伦纳德·海弗利克提供的那75美元补助生活。[28]

通过一个远亲，海弗利克在市中心一家颇受欢迎、名为“拉丁俱乐部”的夜总会楼上租到了场地。海弗利克在宾大的同学和好友阿尔·科特勒很会做木工和安装管道，在他的帮助下，海弗利克给实验室装上了一张塑料操作台、研磨器具、水管，以及一台他和科特勒用一个50加仑容积的铁桶制成的铸造机。他和科特勒溜进那栋老楼的地下

室，在一堆杂乱的电线和管子里选出了一根看上去像煤气管的管子，用钢锯锯下来，用来延长实验室里本生灯的管子。“我们那时很年轻，不怎么聪明，”海弗利克在2014年接受采访时说，“幸好我们没有死。”[29]

海弗利克的成绩受到了影响。他觉得自己别无选择，这关乎他家在经济上能否撑下去。最终，内森·海弗利克假牙实验室开张了，老海弗利克重新站了起来，他的儿子也回去专心学习了。

第二章　发现

费城与加尔维斯顿，1948—1958年

> 噢，请你相信，哥伦布的幸福时刻不在发现美洲大陆之后，而在快要发现美洲大陆之时。
>
> ——费奥多尔·陀思妥耶夫斯基，《白痴》

在宾大读书之初，海弗利克选修了一门在当时称作细菌学的入门课程。

他到实验室的第一天，一位技术员端来了一样东西，它改变了海弗利克的人生。那是一盘试管，里面装着一种叫作琼脂的明胶状营养物质，呈淡鸡汤色。那些试管倾斜放置着，以便让倒进试管的液态琼脂凝固成斜面，为细胞生长提供最大的表面。技术员已经用细针在黄棕色的琼脂上划了波浪线，以此在每个试管里植入了不同的细菌。年轻的海弗利克在课上看到的就是培养出来的细菌。琼脂斜面上呈现出彩虹状的条纹，从黄色到紫色、绿色、白色和粉色。

海弗利克受到了震撼，当场决定要主修细菌学。（后来不久，这门学科改名为微生物学，以便将病毒和细菌都包含在内。）

海弗利克爱上微生物时，病毒研究的黄金时代刚刚到来。对细菌——能够在细胞外独立存活的较大微生物——的研究则开始得更早。1870年代末，德国微生物学家罗伯特·科赫找到了实用的方法，能够在实验室中进行细菌的纯培养。自那时起，科学家们就开始在实验室的培养皿中培养和研究细菌。科赫也明确列出生物学家需要采取什么步骤，才能证明某种细菌会引发某种特定的疾病。生物学家开始将特定的细菌与疾病联系起来，理解疾病的传播途径，跟踪研究疾病的爆发，向白喉和梅毒之类的细菌酿成的灾祸发起第一次医学总攻。

可以轻易地在实验室里培养细菌，不仅对于研究细菌十分重要，对于发现和试验抗生素——如磺胺和链霉素等药物——这种1940年代末的新奇迹也至关重要。其中最著名的抗生素得以发现，是因为瘦小的苏格兰人亚历山大·弗莱明在伦敦圣玛丽医院的实验室里培养葡萄球菌时，注意到琼脂板上出现了一个奇怪的现象：一种霉菌偶然扎根在

皮氏培养皿上，结果细菌在其他地方生长得很好，唯独不在霉菌周围生长。原来，那种入侵的霉菌产生了一种物质，弗莱明将它命名为青霉素。

病毒学在当时是一门较新，当然也较不完善的学科。1890年代初，人们就知道病毒的存在了。当时，一位叫德米特里·伊万诺夫斯基的年轻俄国科学家从患有烟草花叶病的植株上采摘生长不良的黄叶来提取汁液，然后用滤孔小到细菌无法通过的过滤器过滤提取液。（与病毒相比，细菌体积巨大。艾滋病病毒是大小很典型的病毒，如果把它比作高尔夫球，那么就可以将在今天会造成链球菌性咽喉炎，但是在海弗利克小时候经常让儿童丧命的酿脓链球菌比作足球。）

过滤以后的患病烟叶提取液能够感染其他健康的烟草植株。[30]很快，曾经做过类似实验的荷兰植物学家马丁努斯·拜耶林克论证，无论造成烟草花叶病的是什么，它都能够自我增殖，但必须在活细胞内进行。[31]他逐渐相信，引起疾病的实体是一种液体，并用原义为“黏液”的拉丁词“virus”给它命名。

也在1898年，一对德国科学家弗里德里希·勒夫勒和保罗·弗罗施发现他们能够传播破坏性极强的动物疾病口蹄疫，方法是从受感染牛犊的水疱里提取液体，进行过滤，然后用滤液感染其他动物。这首次证明了动物会被这些神秘的新实体感染，科学家将它们称为“滤过性介质”。[32]（还要再过一段时间，“病毒”这个术语才会变得常用。）这对德国科学家也正确地猜测，感染性致病物并不是液体，而是一种过滤器无法捕获的微粒。[33]他们还研发了在当时或许属于首创的灭活疫苗——从受感染动物的水疱里提取液体，通过加热摧毁其感染力，然后注射到未免疫的奶牛和羊体内。绝大多数接受注射的牛和羊都对口蹄疫产生了免疫。[34]

在接下来的半个世纪里，科学家确认了十几种能够引发人类疾病的病毒，其中包括引发黄热病、狂犬病、脊髓灰质炎和流感的病毒。此外还发现了几十种动植物病毒。1927年，美国著名微生物学家托马斯·里弗斯将病毒定义为“专性寄生物”——意思是它们只能通过侵入活细胞增殖。[35]1928年，也就是海弗利克出生那年，里弗斯编辑、出版了论文集《滤过性病毒》，描述了当时已经发现的大约65种病毒。[36]

但是，发现病毒并不等于了解病毒，更不用说抗击病毒。事实上，在20世纪上半叶，研究人感染病毒的科学家就因为很难获得这些病毒而工作受阻。原因在于，病毒和细菌不同，只要有琼脂之类的营养物质，细菌就可以在培养皿里愉快、独立地存活，而病毒则需要活

细胞才能存活。

究其本质，病毒由一种环形或线状的遗传物质——DNA，或它的化学表亲RNA——以及蛋白质外壳构成。病毒增殖的方式是侵入细胞，强用宿主细胞的系统迅速复制出数十、数百或数千个病毒，这个过程有时仅需几分钟。这些新病毒——每个病毒称为一个病毒“粒子”——通过裂解宿主细胞而释放出来，继续侵入其他细胞。（有些病毒也可以直接在细胞间移动。）

病毒尽管擅长劫持细胞，但是无法自立。它们不是独立的有机体，不会四处移动、进食、消化、排泄或交配。它们要做的只是侵入细胞，以实现复制。所以，尽管它们可以在无生命的物体表面存活数小时、数天、数周，有时甚至长达数月，但是置于试管中时，它们仅仅是惰性化学品。“只有在活细胞内，[病毒的]潜力才会释放出来。”瑞典病毒学家斯文·加德在1954年颁发诺贝尔奖时说。在本书的故事中，斯文·加德也扮演了一个角色。

但是，该怎么研究人病毒呢？科学家们有时依靠的是人的英雄主义精神。著名的美国军医沃尔特·里德招募志愿者，让他们被最近吸过黄热病患者血的蚊子叮咬，证明了黄热病是由蚊子携带的一种病毒引起的。里德的同事杰西·拉齐尔就是在1900年那次具有决定性意义的实验中感染身故的。

有时病毒学家能够使用活体动物来研究人类疾病。例如，在1932年流感爆发期间，一个英国研究团队注意到，实验室里饲养的用来做其他研究的雪貂在打喷嚏。它们从患病的科学家那里感染了人流感。（后来，科学家又从雪貂那里感染了流感。）从那时起，该团队就用移液管往雪貂的鼻子上滴感染者的喉漱液。待流感症状最严重时，他们处死雪貂，研究雪貂的组织。但是，观察病毒对动物造成的损害——而非观察病毒本身——难以令人满意。不过，病毒十分微小，用当时水平的光学显微镜看不见。而且，许多人病毒并不会感染其他动物。

有少数几次，科学家成功地在实验室的培养皿里培养了人病毒。他们使用的是一种在当时人们理解甚少的方法，组织培养。组织培养如今更常见的叫法是细胞培养，也就是在实验室中在动植物体外培养细胞。（这种方法将在本书中扮演重要角色。）罗斯·哈里森，当时在约翰斯·霍普金斯大学工作的一位聪明、努力的生物学家，于1907年成功在实验室里培养了蛙胚脑组织，人们认为他首创了组织培养技术。他使用蛙淋巴腺液培养蛙脑细胞，那些细胞存活了数周。

随后三十年，病毒学家使用培养组织，如浸泡在血清（血液除去血细胞、血小板和纤维蛋白原的部分）中的切碎的新鲜鸡肾，艰辛地培养了几种病毒。但是，他们的成功只是零星的，并没有持续性。病毒很快就会在培养皿里死亡。在那几十年里，使用培养组织取得的实际成就只有一项：纽约市洛克菲勒研究所出生于南非的病毒学家马克斯·泰勒，在1930年代通过在切碎的鸡胚里培养人黄热病毒，削弱了病毒的毒性，进而研发出至今仍在使用的黄热病疫苗。

这项成就是病毒研究中的一个例外，与相应的细菌研究中取得的进步形成鲜明对比。到了20世纪中叶，白喉、肺结核和百日咳之类曾经常见的致命细菌性疾病，都已经被相应的疫苗和抗生素击退。这些神奇的新药抗击了细菌，但是对病毒无效。病毒占用宿主细胞自身机制的方式很特殊，所以更难在没有副作用的情况下抗击病毒。直到1960年代，科学家才开始研发第一批抗病毒药物。因此，当海弗利克在宾大的一间细菌实验室里惊讶地观察着那些彩虹状的条纹时，麻疹、风疹和肝炎之类的病毒性疾病仍然难以对付，危险且致命，其中最明显和恐怖的就是脊髓灰质炎。

1948年，海弗利克退役回到宾大，而就在那年，对于寻找病毒的科学家来说，一项发现改变了一切。那年春天，谦逊的中年科学家约翰·恩德斯在波士顿儿童医院的一间小实验室里辛劳工作着。他出身于新英格兰一个富有的银行家家庭，喜欢T.S.艾略特的诗歌，爱穿粗花呢旧夹克，曾经在第一次世界大战中当过飞行教官，驾驶过摇摇晃晃的双翼飞机。他做过房产经纪人，以失败告终，后来才对生物学产生了浓厚兴趣，在哈佛大学取得了博士学位。恩德斯已经和比他年轻、出身于医生家庭的儿科医生托马斯·韦勒合作了十来年，尝试改进组织培养技术。第二次世界大战中，韦勒加入了美国陆军医疗部队，他们的合作便因此中断。后来，另一位寻找病毒的科学家弗雷德里克·罗宾斯加入了他们。罗宾斯是一位传染病医生，曾经在北非和意大利服役，获得过美军的青铜星章。这个三人组合将会打开病毒学世界的大门，让科学家可以在实验室培养皿中使用许多组织培养出大量的病毒。在使用他们的技术后，病毒不再像之前那样死在培养皿中，而是会持续增殖，供科学研究和疫苗制备使用。

除了特别辛劳和顽强的工作，促成恩德斯团队成功的还有三方面的研究成果。首先，培养组织的研究人员逐渐懂得如何改良维持培养皿中细胞生命的营养液。其次，波士顿的这三位科学家很好地利用了十五年前发明的试管旋转系统。这个系统就像摩天轮，可以缓慢地转动平放的、装着细胞的试管，每小时转动8至10次。这让细胞先浸洗在营养液里，再暴露在空气中，尝试模拟人体内的环境，即不断以血

液给细胞输送氧气，并移除细胞废弃物。最后，也是最重要的一点，到1940年代，恩德斯可以利用一种新工具——抗生素。他开始虔诚地将抗生素应用在试管里培养的细胞上。他当时希望——结果也如他所愿——抗生素能够消灭污染性的细菌，同时又不影响病毒生长。

1948年3月的一天，恩德斯向两位年轻的搭档提出了一个看似即兴的建议。脊髓灰质炎病毒一直很难在培养皿中培养，只有一种例外情况：在1930年代中期，兼具才华和雄心的年轻科学家阿尔伯特·萨宾，在纽约市的洛克菲勒研究所与比他年长的同事彼得·奥利茨基合作，成功地在提取自两个流产人胎的脑和脊髓的神经细胞中培养了脊髓灰质炎病毒。[37]（脊髓和脑一样，主要由叫作神经元的神经细胞组成。）这两位科学家从贝尔维医院的一位医生同行那里得到两个胎儿，解剖了它们的器官，保存到实验室的冷柜里。他们的实验具有开拓性，不仅是因为这项实验在研究脊髓灰质炎方面取得成果，也因为它是最早在实验室中使用人胎并发表论文的研究之一。

1930年代，在美国各州，在大多数情况下堕胎都是犯罪行为。[38]确实，在经济萧条的1930年代，每年估计有80万例堕胎，其中大多数都是非法的。[39]例外的情况叫作疗病性流产；这类堕胎反映出法律部门和医生之间的一种不成文协议，医生可以实施他们认为在医学上必要或可取的堕胎。疗病性流产由有行医执照的医生在人流诊所或医疗机构进行。但是，那个时代并不属于举着牌子的示威者。那些堕胎都是在公众视野之外进行的。同样，用胎儿组织进行的研究也在公众视野之外，按研究人员的意愿开展。

此前没人尝试过在人细胞中培养脊髓灰质炎病毒。脊髓灰质炎病毒会攻击神经系统，造成瘫痪，所以萨宾和奥利茨基推测它可以在神经细胞里培养。因此，他们把胎儿脑和脊髓切碎，把得到的组织碎片放进平底烧瓶里。然后，他们将提取自受感染猴子脊髓碎片的脊髓灰质炎病毒加入烧瓶中。病毒开始在神经细胞里增殖，证明这点的是以下事实：他们取那些含有胎儿细胞的液体，注射到猴脑中，结果猴子瘫痪了。

讽刺的是，萨宾和奥利茨基发表的那篇论文实际上却延缓了脊髓灰质炎疫苗的研制。为什么？因为洛克菲勒研究所的这两位科学家还在论文中报告，在用包括肾和肺在内的其他胎儿器官培养时，脊髓灰质炎病毒“完全没有生长”。“脊髓灰质炎病毒对神经组织的特别亲和力”让它不适合制备疫苗，因为病毒疫苗中包含少量用于制备疫苗的细胞，而神经细胞注射进人体后，偶见引发危险甚至致命的过敏反应——脑脊髓炎。

因此，脊髓灰质炎疫苗的研制直到十二年后在恩德斯的波士顿实验室里才有了真正的进展。1948年初，恩德斯、韦勒、罗宾斯埋头研究，尝试在培养基中培养腮腺炎、麻疹、流感和水痘病毒。恩德斯已经请求过波士顿产科医院的一位医生同行，让他提供流产胎儿。

恩德斯得到了几个流产胎儿，手术是在孕2.5至4.5月进行的。此外，他还得到了一个在孕7月时死产的婴儿。韦勒将胎儿手臂和腿上的皮肤、肌肉和结缔组织切碎，分配到数只烧瓶里。他们计划用提取自患儿咽喉的水痘病毒感染烧瓶里的组织。但是，在他们准备这样做时，恩德斯不经意地建议韦勒和罗宾斯也用实验室中现成的提取自小鼠脑的脊髓灰质炎病毒感染同样数量的烧瓶。这项实验很及时，因为包括恩德斯在内的病毒学家正开始怀疑前辈传下来的一种说法，即脊髓灰质炎病毒只能在神经组织中培养。其中一个依据是，科学家在脊髓灰质炎患者的排泄物中发现了大量的脊髓灰质炎病毒。恩德斯怀疑，一种只存在于神经细胞中的病毒并不会如此大量地出现在肠道中。

培养的水痘病毒没有生长。但是，培养的脊髓灰质炎病毒却长势惊人。这三位科学家将取自脊髓灰质炎病毒培养烧瓶的液体注射到小鼠和猴子的脑中，结果小鼠和猴子瘫痪了。恩德斯的团队向前跃了一大步。原来，萨宾和奥利茨基在十三年前的实验之所以失败，是因为他们使用的是一种只在神经组织中增殖的特殊脊髓灰质炎病毒。其他类型的脊髓灰质炎病毒远没有那么挑剔。

这项重大发现写在一篇简短的论文里，埋没在1949年1月《科学》期刊的末尾几页。[40]美国资深微生物学家里弗斯后来回忆说，研究脊髓灰质炎的病毒学家在看到那篇论文时，“仿佛听到炮响”。[41]恩德斯和他的同事不仅培养了脊髓灰质炎病毒，还提供了方法，让科学家能够在许多类组织中，毫无限制地培养许多类病毒。

恩德斯团队的突破性成果很快就让分离许多新病毒成为可能，其中包括只感染人和只能在人细胞中生长的病毒。科学家此时能够在实验室里便利地研究这些病毒的影响，而不用以活体动物开展研究。对公众而言，最直接的意义在于，这项发现在几年内让使用非神经组织在培养皿里大规模培养脊髓灰质炎病毒成为可能，进而促进了脊髓灰质炎疫苗的研发。

1954年，瑞典的诺贝尔奖委员会将诺贝尔生理学或医学奖颁给了恩德斯、韦勒和罗宾斯。他们的发现打开了通往病毒学的大门，也让组织培养技术成为未来多项进步的重要部分。伦纳德·海弗利克当时还不知道，他将径直地加入这种新趋势。

1951年春，海弗利克从宾大毕业，获得学士学位，还辅修了微生物学和化学。他去了位于费城郊区格兰诺德的制药公司沙东公司工作，职位是研究助理。在沙东，他协助研发一种用于溶解术后感染伤口中淤血和脓液的药品。不久，沙东与制药巨头默克合并；默克已经在费城西北27英里远的西点建起了全新的研究所。

沙东在科学研究方面可谓落后。在默克最先进的实验室里，海弗利克接触到了令人激动的新事物。他开始认识许多病毒，例如会攻击和侵入细菌的噬菌体。当时抗生素正在改变医学实践，他直接见识到了寻找新抗生素带来的兴奋。他还初次见到受教育程度很高的商业科学家开展活动。一种雄心壮志开始扎根在海弗利克的脑中和心中——此前他从未想过攻读博士学位。[42]

海弗利克申请并被录取到宾大的医学微生物学博士项目。他在1952年秋入学。他已经存了足够的钱，如果继续住在家中，就可以应付学费和生活费。读博一年后，他会获得大学的奖学金和资助，支持他读完博士。

在1952年6月离开默沙东公司之前，海弗利克遇到了一位年轻有才的艺术工作者；她在公司的西点研究所工作，为科学家们做幻灯片。他们发现，两人都计划在当年夏天去欧洲旅行，行程在巴黎有交集。

露丝·路易丝·赫克勒26岁，身材纤瘦，笑起来很灿烂。她很自信，举止文静，与海弗利克性格很般配。她来自宾夕法尼亚州兰斯代尔一个信教的荷兰裔家庭。兰斯代尔是费城以北不远的一座铁道城镇，她父亲在那里的里海煤炭与运输公司当会计。在去默克公司前，她在费城工业艺术博物馆学校学习人体素描和书籍插图。

赫克勒被海弗利克的心智吸引，欣赏他清晰迅速分析问题的能力。[43]海弗利克喜欢她的文静、自信和聪慧，以及她对宗教权威的质疑。她抛弃了小时候信仰的路德宗，开始参加贵格会的聚会。海弗利克还觉得她很漂亮：有一天在巴黎散步时，他自然地搂住了她的腰。1955年10月2日，在海弗利克读博的最后一年，他们在费城拥有一百五十年历史的阿奇街贵格会礼拜堂举办了简单、低调的仪式，结成夫妻。他们在隔壁的礼堂举办了简单的招待会，然后步行去布罗德街上的犹太教改革派教堂，接受拉比的祝福。

在博士论文中，海弗利克研究的是一群神秘的微生物，当时称为类胸膜肺炎病原体，后来很久才改名为支原体。在两个世纪里，人们知道这种微生物导致欧洲的奶牛患上一种具有高度传染性的肺炎，但

是对它们了解甚少。它们比病毒大得多，但是又比细菌小，难以归类，与其他动物以及人类疾病的关联很模糊。

海弗利克对类胸膜肺炎病原体很感兴趣，而且对组织培养这种令人激动的新技术也逐渐同样入迷。他的研究生导师是助理教授沃伦·斯坦布林。斯坦布林说话温柔，身体壮实，曾经是大学的橄榄球运动员。他最近开了一门关于组织培养的课程（这是首批这类课程之一），对这门课程十分有热情。他想培训海弗利克。海弗利克不想从类胸膜肺炎病原体的研究上分心，便接受了一个折中方案：在毕业设计中用组织培养技术来培养类胸膜肺炎病原体。以今天的标准来看，海弗利克当时的工作条件可谓原始。他用来培养病原体的设备，是花了不到40美元从西尔斯百货公司买来的孵蛋器。

刚读研究生时，海弗利克就开始在附近的一家研究所工作，这将对他的职业生涯产生巨大而持久的影响。他记得自己被叫去研究一批实验室大鼠的中耳炎疫情。这些大鼠眼睛粉红，皮毛雪白，很出名。大家把这些患白化病的大鼠叫作威斯塔鼠，因为它们是威斯塔解剖学与生物学研究所培育的，也养在研究所里。它们是重要的实验室工具，但是中耳炎损害了它们的平衡能力，让它们漫无目的地转圈。罪魁祸首可能就是类胸膜肺炎病原体。

威斯塔研究所是一栋优雅的V字形三层浅褐色砖楼，坐落在宾大校园的中心，位置绝佳。研究所离宾大主庭院里本杰明·富兰克林的雕像不远，是当时美国最早的独立式生物学研究机构。它完全独立于宾大，由费城一个富裕显赫的家族在1892年创立。威斯塔家族的成员包括卡斯帕·威斯塔，他是18至19世纪的一位医生和解剖学家，撰写了美国第一本解剖学教科书，在写作过程中收集和保存了大量解剖学标本。卡斯帕·威斯塔的侄孙艾萨克·威斯塔是美国内战期间的一名准将，还是费城的一位知名律师。他创建和资助了威斯塔研究所，以保存和展示他伯祖父那些令人印象深刻的收藏品。[44]

艾萨克·威斯塔的脑，应他自己的要求保存在研究所地下室的一个大玻璃罐里。一起保存的还有他在内战中因伤萎缩的右臂。他的骨灰至今存放在一个俯瞰研究所中庭的骨灰盒里。（1890年代，这家新成立的研究所的职员如果得偿所愿，应该还能陈列精神变态者亨利·霍尔姆斯的脑灰白质。亨利·霍尔姆斯是一名连环杀手，在1893年芝加哥世博会期间闹得人心惶惶。他被绞死后，威斯塔研究所试图获取他的脑来做研究，但是没有成功。）[45]

1950年代中期，威斯塔研究所混合着一种已逝的优雅与毛骨悚然。褐砂石正面宏伟神气，宽敞明亮的中庭里安装着宽阔的熟铁楼

梯，但一楼的公共博物馆里陈列着各种展品，就像恐怖电影一般。几条来自婆罗洲的鳄鱼、大法官约翰·马歇尔的膀胱结石（在无麻醉的情况下取出来的）。在1815年滑铁卢战役后从战场上收集来的人骨，以及各种各样的人颅骨；这些骨骼用于教授医学生和口腔医学生。七个注蜡的人心。一副完整的连体双胞胎骨架。此外，在专门的陈列柜里还有用福尔马林泡着的胚胎和胎儿，数量为全美之最，其中许多都有足内翻和兔唇之类的畸形。[46]

尽管许多小学生会定期成群结队地参观这家在当地很有名的博物馆，但是威斯塔研究所在1950年代还是因为几十年来受到忽视而逐渐衰败。水电系统常出问题。高级职员中仅有三位科学家，其中两位都已经过了80岁。而且，自1940年开始，董事会就把研究所交给一位算不上理想人选的代理所长管理。许多年轻科学家发现这里缺乏领导人物，都来了又去，待不长久。[47]

这位代理所长叫埃德蒙·法里斯，身材矮小，急性子，控制欲很强。他是一位能力平平的博士科学家，跟医生完全不沾边，但是他在威斯塔研究所工作之余创立并经营着一家生育诊所（使用的是宾大学生捐赠的精子），因而对费城某些夫妇来说他必不可少。[48]除人工授精以外，法里斯提供的服务还包括用显微镜检查男方的精子是否有缺陷。他还把一位女性的尿液注射给威斯塔研究所培育的一只尚未达到性成熟的雌性大鼠，以此进行妊娠试验。如果这只未达到性成熟的大鼠发了情，就说明这位女性尿液中含有只在孕期产生的雌激素。（1956年初，离家用验孕方法问世还有二十年，海弗利克和妻子就利用了这种内部便利验孕。第二年，他们生下了第一个孩子乔尔。）

海弗利克做大鼠中耳炎研究的那间实验室在空旷的二楼，里面有古董本生灯，还有熟铁丝饰品。门外从中庭的挑高天花板上悬挂下来一副70英尺长的长须鲸骨架，它是著名古生物学家爱德华·德林克·科普在1897年出售给研究所的。[49]怪异、空荡的环境丝毫未吓退海弗利克，反而让他很入迷。他喜欢独自在二楼的实验室工作，喜欢到有1.8万册藏书的图书馆里去翻阅那些古老的科学书籍。他偶尔会遇到埃德蒙·法里斯的某位开心的客户，怀抱新生儿爬上熟铁楼梯。[50]

1956年春，海弗利克获得了博士学位。他真的证实了类胸膜肺炎病原体可以用组织培养技术来培养。[51]（他还证实，让威斯塔研究所那些大鼠患病的正是类胸膜肺炎病原体。）他不再是一个没有把握的研究生。而且，他还从外界新得到了对他能力的肯定。他获得了由科罗拉多州石油巨头A.C.麦克劳林提供的博士后奖学金。这能让他去得克萨斯州的加尔维斯顿，到查尔斯·波米拉的实验室做研究；查尔斯·波米拉当时算得上全世界最优秀的组织培养专家。这笔奖学金对海弗

利克来说数目相当可观：5500美元，免税。他和露丝在1956年8月搬到了加尔维斯顿。

波米拉颇具魅力，是一个秃头、发福的男人。他经常穿着屠夫围裙、白色的帆布裤子。在位于加尔维斯顿的得克萨斯大学医学部，他在精神病学大楼的地下室里有一间大实验室。这是一个很活跃的地方，活跃的气氛源于其健谈的领导者波米拉；他不仅是细胞培养方面的顶尖专家，还是一位出色的厨师和技艺高超的艺术家。波米拉开创了一种新技术，即对活动中的细胞进行延时微观摄影，每隔30或40秒曝光一次，用卷盘式胶片拍摄下来。

不论什么时候，波米拉都有几台相机安装在显微镜上，聚焦着微小容器里的细胞。实验室里，伴随着显微镜顶端发出的闪光，不断响起快门声。

海弗利克使用这些相机来研究腺病毒，一种不久前在人类扁桃体和腺体组织内发现的病毒。腺病毒的名字来自咽喉后部的腺体组织。他能逐小时观察腺病毒摧毁细胞的过程。细胞的细胞质上会出现孔洞；细胞会长出异常的臂状物。最终，它们破裂了。海弗利克在加尔维斯顿并未有什么大发现，也没能将那些卷盘式胶片发表在期刊上。但是，他在细胞培养方面的研究越来越专业，他与著名病毒学家莫里斯·波拉德之类的顶尖科学家交往，并向他们学习。海弗利克还遇到了一位与他同龄、在他职业生涯中扮演重要角色的同事——保罗·穆尔黑德，一个蓝眼睛的阿肯色州人，有着坚定不移的自由主义政治信仰，热衷研究染色体，即细胞核内部、含有该细胞遗传密码的细长脱氧核糖核酸束。

露丝在1956年11月生下乔尔。海弗利克夫妇的第二个孩子德博拉在13个月后出生；德博拉出生时海弗利克仍然在波米拉的实验室工作。他每晚起来一两次，给两个孩子喂奶，然后开车去实验室，调节每过几个小时就会失焦的显微镜。

在加尔维斯顿工作才一年多，海弗利克就开始期待下一步了。他听说威斯塔研究所在由代理所长管理差不多二十年后，终于聘请了一位正式所长。这位所长叫希拉里·科普罗夫斯基，是一位研究脊髓灰质炎疫苗的先驱。他想聘用一位细胞培养专家。海弗利克提交了申请，并被录用了。这是一份为威斯塔的科学家做细胞培养的“枯燥工作”，并不是他喜欢的纯研究职位。[52]但是，这份工作仍然会带来更重要的成果，而且他确信自己能够挤出时间，业余做研究。这份工作还能让他和露丝回费城，与家人和朋友团聚。1958年4月，差一个月30岁时，他又开始在老地方威斯塔研究所工作了。

第三章　威斯塔重生

费城，1958年4—12月

> 我对这个人说过："你知道的，希拉里·科普罗夫斯基就是威斯塔研究所……他建造了研究所。不管你怎么看他，威斯塔研究所之所以伟大，就是因为他。"

——莫里斯·希勒曼，默克公司前疫苗主管，引自2004年一次采访[53]

希拉里·科普罗夫斯基是一位聪颖、博学的波兰裔病毒学家，有着令人放松的魅力，也有着无情的野心。他是一个矮壮的男人，颧骨突出，一双浅色的眼睛很敏锐，操着浓重的口音。他博学多识，能够像讨论病毒和抗体那样，流利地引用阿蒂尔·兰波和埃兹拉·庞德的诗句。他是华沙音乐学院的毕业生，在华沙大学医学院攻读学位时，他还考虑过当职业的音乐会钢琴家。他富有吸引力，既是一位浪漫、有野心和思维超前的老派科学家，也是一位喜爱社交的和善男人——无论是坐在某位年轻技术员的公寓地板上打牌，还是与欧洲最杰出的生物学家品酒进餐，他都轻松自如。无论在什么地方，他都给人留下持久的印象。他给实验室技术员芭芭拉·科恩的印象就是这样。芭芭拉·科恩在29岁时被科普罗夫斯基聘到威斯塔研究所，成为其脊髓灰质炎研究团队的第一名成员。"他会用那双冰蓝色的眼睛盯着你，就好像会定住你，"科恩在2014年接受采访时说道，"他在你面前十分热忱。"[54]

"他想吸引别人时会表现得很热情，很亲密，眼神也很温暖，他会很亲切地叫你的教名，还会挽着你的胳膊，好像世界上只有你和他最重要，是这个特别荒唐和糊涂的世界中的两个高级生物。"约翰·罗恩·威尔逊评论道。[55]他尽管极爱交际，但是在令人厌烦的客人来到接待台时，他还是会偷偷从实验室后门溜走，躲到旁边实验室的无菌室里。科普罗夫斯基在1960年代中期的技术员厄休拉·罗斯回忆说，科普罗夫斯基在斟酌词句来评论他避而不见的那个人时，眼睛闪光，声音愉悦，让你"没法生他的气"。[56]科普罗夫斯基还曾经大方地在白天强迫年轻的同事接待一位显赫但无趣的英国科学家，然后又带这位科学家回家共进优雅的晚餐。他希望这位科学家能回请他，因为这位科学家有一架贝多芬用来创作过奏鸣曲的钢琴，他渴望能用自己粗壮结实的手指弹奏这架钢琴。[57]

讲究饮食的科普罗夫斯基拥有州里颁发的酒水许可证，所以威斯塔研究所在禁酒的宾大校园里成了欢乐之地，他的办公室成了共度快乐时光的胜地。他会在办公室里用波兰的格但斯克伏特加来调制血腥玛丽；格但斯克伏特加是一种烈酒，里面有22K的金箔。[58]“位于费城的威斯塔研究所就像一个小小的、独立的欧洲自治市。我想希拉里觉得自己是美第奇家族的科西莫。”诺贝尔奖得主、1975年被科普罗夫斯基招募至威斯塔研究所的免疫学家彼得·多尔蒂回忆道。[59]

科普罗夫斯基一旦认识到自己的错误，就会很快改正。有一次，威斯塔研究所一位叫迈克尔·卡茨的年轻科学家申请美国国家卫生研究院的基金失败，本来想让卡茨去做其他工作的科普罗夫斯基当着他的面祝贺他失败：“恭喜！现在你可以全身心地投入到真正的科学中了。”卡茨被激怒了，回敬了科普罗夫斯基。当天下午5点，他被叫到科普罗夫斯基的办公室。这位年轻人进门时，还以为自己要被开除了。科普罗夫斯基坐在办公桌后面，眼睛闪亮，面前放着一瓶冰镇马提尼。“加橄榄，还是柠檬皮？”他问道。[60]

在对付他觉得不忠诚的人时，科普罗夫斯基霸气而冷酷。“他甚至可以用推土机碾压他们。”他的儿子克里斯托弗回忆道。[61]

“希拉里喜欢残暴地对待别人。”科普罗夫斯基年轻时候的导师埃德温·伦内特告诉科普罗夫斯基的传记作者罗杰·沃恩。[62]

他也可以很仁慈。病毒学家罗伯特·加洛回忆，科普罗夫斯基和他坐飞机去欧洲和亚洲参加会议时，曾经悄悄地为加洛升舱，让年轻的加洛能够和他一起坐头等舱。[63]

科普罗夫斯基不喜欢冲突，所以经常派他忠实的助理——文雅的、烟瘾特别大的新英格兰人汤姆·诺顿——去撵走威斯塔研究所里失去他信任的科学家。他与助手们的分离经常进行得十分激烈。“你要是决定离开威斯塔研究所，那么无论怎么样，科普罗夫斯基都会觉得你的离开是背叛。在我告诉他我要离开的时候，他动了个人感情来努力挽留我。”癌症科学家维托里奥·德芬迪回忆道。[64]

科普罗夫斯基的众多敌人都因为他行事专横，控制欲强，并且总是愉快地拒绝听到（更不用说听取）他们的批评意见而烦恼。

1960年，科普罗夫斯基才到威斯塔研究所两年出头，宾大医院颇有影响力的外科主任、威斯塔研究所董事会成员I.S.拉夫丁在给即将离职的宾大教务长乔纳森·罗兹写信时说：“毫无疑问，他是一位杰出的科学家。但同样毫无疑问的是，在与我合作过的人当中，他是最能

找麻烦的。”[65]

拉夫丁和宾大的其他高层试图赶走科普罗夫斯基，但是以失败告终。他们让科普罗夫斯基提供支出明细，但是科普罗夫斯基愉快地无视了他们的要求。他拒绝透露自己是否在其他地方兼职当顾问。他还被老东家莱德利实验室的老板们指控，说他偷走了他在公司研制的脊髓灰质炎疫苗，将它们带去了威斯塔研究所。[66]威斯塔研究所忠实的科学家们表示抗议，帮助科普罗夫斯基智胜了他们。[67]未来三十一年，威斯塔研究所都是他的地盘。

科普罗夫斯基1916年出生于华沙，母亲是牙医，父亲是纺织工。1940年，希拉里·科普罗夫斯基同他很有影响力的母亲，以及重孕在身的年轻妻子伊雷娜·科普罗夫斯基，逃离了被纳粹占领的波兰。[68]

逃亡过程很惊险。伊雷娜·科普罗夫斯基与丈夫被迫分开，她拒绝了纳粹让她继续做医生的命令，抱着才出生的孩子从法国逃离；就在墨索里尼禁止能扛枪打仗的男性出境那天，科普罗夫斯基从意大利逃走。他们最终落地巴西。在里约热内卢，科普罗夫斯基被迫靠教一些不领情的学生弹钢琴来谋生，他妻子则在里约热内卢最大的医院里找了一份病理医生的工作，在医院的绿色大理石太平间里做尸体解剖。

几个月后，科普罗夫斯基在里约的街上偶遇一位高中朋友，他因而被洛克菲勒基金会聘用，该基金会在里约有一间实验室。在那里，总部位于纽约市的强大研究团队正忙着改良新近问世的黄热病疫苗。科普罗夫斯基研究黄热病和其他几种病毒，三年后他们一家才收到几年前就申请的美国签证。

1944年，在去美国的路上，科普罗夫斯基一家乘坐的旧商船在特立尼达岛短暂停留。科普罗夫斯基很有进取心，他找到了特立尼达岛上最优秀的科学家J.L.帕万。J.L.帕万此前有一项开创性发现：狂犬病可以经由蝙蝠传播，人被吸血蝠叮咬后可能受感染。科普罗夫斯基本来就对吸血鬼文学很感兴趣。而且，在里约为洛克菲勒基金会工作期间，他观察过一只患狂犬病的吸血蝠——他解剖了这只蝙蝠的脑，用显微镜寻找狂犬病的特征——阅读了大量关于狂犬病的文献。他没有打招呼就出现在帕万的实验室门口。老科学家就狂犬病同科普罗夫斯基谈论了很久。科普罗夫斯基对狂犬病的强烈兴趣，以及对改良狂犬病疫苗的兴趣，会持续一生。[69]

在美国，科普罗夫斯基在没有工作的情况下去了洛克菲勒医学研究所，成功地给老病毒学家彼得·奥利茨基留下了深刻印象。十年前，就是彼得·奥利茨基与年轻的病毒学家阿尔伯特·萨宾合作，用人胎脑

组织培养了脊髓灰质炎病毒。1945年1月，通过奥利茨基的关系，科普罗夫斯基在莱德利实验室的病毒学部门获得了一个研究职位。莱德利实验室位于纽约的珀尔里弗，在曼哈顿西北26英里。[70]

莱德利实验室是美国氰胺公司的制药分公司，得到氰胺公司热爱科学的董事长威廉·格雷厄姆·贝尔的支持，所以研究设备十分齐全。在莱德利实验室，科普罗夫斯基开始全力与后来成为他主要对手的阿尔伯特·萨宾竞争。萨宾比科普罗夫斯基大十岁。他很有进取心，极其聪明，是从波兰东部大屠杀中逃出来的难民。他15岁和家人抵达美国海岸，当时一点都不会说英语。等到1931年，他已经通过努力从纽约大学医学院毕业。在科普罗夫斯基来到莱德利实验室时，萨宾已经成为顶尖的脊髓灰质炎专家，他先是在洛克菲勒研究所，后来在辛辛那提大学工作。[71]

科普罗夫斯基和萨宾都决心要首先发明脊髓灰质炎活疫苗。活疫苗含有经过减毒的野生病毒，它会在接种者体内造成轻度感染，进而产生抗体，但不会让接种者患病。相反，灭活疫苗中用于引起免疫应答的病毒已经经过化学或物理过程杀死了。

然而，生于纽约、父母是没有受过教育的俄罗斯移民的乔纳斯·索尔克，他将胜过科普罗夫斯基和萨宾，赢得率先发明脊髓灰质炎疫苗的荣誉。索尔克的疫苗中含有野生的、被甲醛杀死的脊髓灰质炎病毒。注射到人体内的疫苗，会像活病毒那样诱使免疫系统识别并作出反应，在血液中产生抗体。索尔克的疫苗在1955年得到美国监管部门的批准，他立即成了公众英雄。

但是，科普罗夫斯基、萨宾，以及许多其他病毒学家从一开始就坚信，减毒活疫苗比灭活疫苗更有效。索尔克的疫苗需要多次注射，后面还需要加强注射，即使这样，似乎也不能阻止免疫力随时间推移而减弱。此外，索尔克的疫苗是肌内注射的，不能在咽喉或消化道壁——脊髓灰质炎病毒进入人体的主要入口——产生足够强的抗体。

野生脊髓灰质炎病毒借由受到污染的水或食物，通过口进入人体，随后在消化道内增殖，又通过粪便排出体外。在没有疫苗的时代，这种感染在大多数人身上表现都很温和，许多人感染了都不知道。只有在脊髓灰质炎病毒从消化道侵入血液，移动到脊髓和脑时，感染者才会瘫痪，甚至死亡。萨宾、科普罗夫斯基和许多其他免疫学家相信，用饮料或糖丸接种的活疫苗可以模仿人感染的自然路径，在消化道壁和血液里产生足够强的抗体，从而带来终身免疫。口服疫苗还更便宜，更容易接种；它不需要请受过专业训练的医护人员来注射。而且，它还会存在于已接种者的粪便里，可以在卫生条件较差、

水质不洁净的环境中传递给未接种者，在其中一些人体内也激起保护性的免疫应答，这就是所谓的被动免疫。相应的危险在于，粪便中的活疫苗病毒可能会随时间推移而突变，重新变成感染性病毒，从而传播脊髓灰质炎，而非保护人们。

制备活疫苗要实现微妙的平衡。科学家需要足够弱化病毒，阻止其致病，但是又不能过于弱化，让它无法造成轻微的感染来激起保护性免疫应答。科普罗夫斯基不遗余力地要赢得这场竞赛，率先研发出最好的活疫苗。1948年的一个冬夜，他吞服下自己研制的实验性脊髓灰质炎疫苗——一种含有脂肪的、黏稠的灰色糊状物，用他在组织捣碎机中粉碎的棉鼠的脑和脊髓制成。[72]这种疫苗里含有野生的，但是已经减毒（他希望如此）的脊髓灰质炎病毒。

他此前从一位患脊髓灰质炎的29岁男性提取了血清和脑脊髓液，直接注射到小鼠脑中。在一只小鼠患上脊髓灰质炎后，他将它的脑和脊髓磨碎，注射给另外一组小鼠，以此类推注射了数组小鼠。接着，他从这些小鼠提取出病毒，依序注射到几组棉鼠脑中——同样是将受感染的脑和脊髓注射给每组新的棉鼠。[73]棉鼠是被毛紧密的啮齿动物，与小鼠相似，是当时实验室常用的动物。以几代啮齿动物对病毒进行继代移种法培养，这种做法背后的观念是，随着病毒在不同物种间适应以致病，它在人体内致病的能力就会减弱。对于研制活疫苗而言，这个减毒过程至关重要。

科普罗夫斯基后来把活疫苗喂给黑猩猩。它们产生了脊髓灰质炎病毒抗体，在接触到野生脊髓灰质炎病毒时没有患病。[74]但是，这并不能证明活疫苗的安全性，因为黑猩猩并不像人类那样会自然感染脊髓灰质炎病毒。

最先接种自己研制的疫苗在科学家中是一项悠久的传统，但是尽管吞服了以用组织捣碎机粉碎的棉鼠脑和脊髓制成的疫苗，科普罗夫斯基却并没有患脊髓灰质炎的风险。像20世纪中叶的许多人一样，他在日常生活中接触过脊髓灰质炎病毒，已经有了抗体。[75]要想知道疫苗是否有效，科普罗夫斯基需要以不同于自己的未免疫的人作为“志愿者”。

1950年，科普罗夫斯基在莱奇沃思村的智力障碍儿童身上测试了疫苗。莱奇沃思村是位于纽约蒂埃尔斯的社会福利机构，里面有“许多头发乱糟糟、浑身脏兮兮的寄宿者，赤裸着挤在消过毒的休息室里”。[76]他不是第一个利用智障人士的科学家。在第二次世界大战中，顶尖研究人员在美国政府的资助下，让伊利诺伊州一家州立医院的精神病患者感染疟疾，测试药物的效果。[77]他们还让智障人士通

过航空面罩吸入流感病毒，或吸入一种喷雾四分钟，以此测试流感疫苗；已接种和未接种疫苗的受试者都被迫吸入了病毒。[78]这些实验的负责人当中就有年轻的乔纳斯·索尔克。[79]

三十年后，科普罗夫斯基在一场讲座上讲述了在莱奇沃思村开展试验的故事。他说，作为朋友和同行的莱奇沃思村实验室主任乔治·杰维斯在1940年末找到他，请求他在莱奇沃思村的儿童身上测试，看他们的血液里是否有脊髓灰质炎病毒的抗体。科普罗夫斯基说，杰维斯害怕脊髓灰质炎蔓延；在莱奇沃思村的精神病儿童中，粪口传播值得特别关注。科普罗夫斯基给那些儿童抽血，发现他们当中60%都没有脊髓灰质炎病毒抗体。于是，杰维斯请他在莱奇沃思村测试他的实验性疫苗。“我知道我们永远也不会得到纽约州的官方许可，所以我们从儿童的父母那里得到了许可。”[80]

从1950年2月开始，在13个月的时间里，科普罗夫斯基将疫苗——他此前自己服下的那种灰色糊状物，只是现在混在了巧克力牛奶或玉米糖浆中——喂给了莱奇沃思村的20名儿童。除科普罗夫斯基和他的实验室经理汤姆·诺顿以外，那些儿童就是脊髓灰质炎活疫苗的首批实验者。其中两名儿童，包括第一个服用疫苗的儿童，残疾十分严重，只能通过胃管来接种疫苗。[81]

尽管在战争初期做过多项实验，但是在1951年一场有关脊髓灰质炎疫苗的科学会议上，科普罗夫斯基把在莱奇沃思村试验的结果展示出来时，同行仍然十分气愤。战争已经过去，而且脊髓灰质炎病毒十分危险，有时还会致命。萨宾质问科普罗夫斯基怎么胆敢给儿童喂食脊髓灰质炎活疫苗。[82]费城儿童医院受人尊敬的主任医生约瑟夫·斯托克斯问他，是否考虑过可能会遭到防止虐待儿童协会起诉。[83]其他科学家只是沉默地坐着。[84]但是，这些科学家却不得不认同科普罗夫斯基的实验结果：智障儿童“志愿者”——科普罗夫斯基在实验论文中就是这么描述他们的——在服用疫苗前没有抗体，服用后则立即产生抗体。没有人表现出患病症状。[85]

这并非科普罗夫斯基最后一次把脊髓灰质炎疫苗喂给缺乏自理能力的儿童。这类儿童容易控制，容易找到，而且不会反驳。他们当然不是科普罗夫斯基的对手；科普罗夫斯基想得到什么，就会用尽自己装备库里的每一件工具——他的魅力、说服力和下作手段——来实现目标。

1958年初，南方春意正浓，伦纳德和露丝·海弗利克从加尔维斯顿驱车1600英里，前往费城。他们的家庭已经比当初离开费城时大了一倍。乔尔在蹒跚学步，5个月大的德博拉躺在抽屉里，外挂在他们

家那辆四门轿车的仪表台上。这一家很快还会壮大——还有一个孩子将要出生，预产期在11月。同样即将到来的还有他在威斯塔研究所的工作，这份工作尽管不是称心的研究职位，但也能为他在研究所里令人激动的人生新阶段打好基础。

1956年，宾大负责医学事务的精力充沛的副校长、威斯塔研究所董事会活跃的新成员诺曼·托平，亲自管理破败的、走下坡路的威斯塔研究所。挂着古老的鲸鱼骨架、拥有同样古老实验室的研究所，“尤其是一个问题”。拿破仑式的代理所长法里斯，以及他那间不太合法的生育诊所，也出现在托平的雷达屏幕上，给托平的印象并不好。“他的名声不太好。”托平在回忆录中说道。托平开始寻找一位正式所长。他和莱德利实验室的人有联系，知道科普罗夫斯基和他在脊髓灰质炎方面的工作。托平与他会面，对他有了深刻的印象。[86]

接到托平的邀请时，科普罗夫斯基正好也在留心找新工作。莱德利实验室的管理层已经换过好几次，与1940年代的鼎盛时期相比，科学家的境遇恶化得很厉害。所以，在托平请他去威斯塔当所长，还说要在研究所三楼为他辟出研究空间时，他听得全神贯注。[87]

40岁的科普罗夫斯基觉得这是一个机会，尽管别人可能觉得这条路只会让他很快变得默默无闻。他告诉托平三楼不够。他想要整个研究所，6.8万平方英尺。他还想要——或者说是要求得到——宾大的文理学院与医学院的两个正教授职位。[88]

托平急于搞定威斯塔的烦心事，便答应了科普罗夫斯基。1957年1月下旬，科普罗夫斯基接受了威斯塔研究所的职位。年薪是1.7万美元（相当于2016年的14.5万美元），还有2000美元的报销额度，入职日期是1957年5月1日。录用函中还写明，他的薪酬每年都会调整，“以便与宾大教授的最高工资相匹配”。他还享有与宾大正教授“相同的权利和福利，等同于拥有终身职位”。[89]

“我喜欢［威斯塔研究所］是因为它没有活力。”科普罗夫斯基对他的传记作者沃恩说。[90]那时的研究所是一个空壳，他要把它重塑成一个自由的、创新的生物学研究圣地。

“我不要考勤表……不要明确的假日。不分部门，不让狭隘妒忌、自私自利和争权夺利在背地里滋生，”科普罗夫斯基说，“我要吸引有才华和经验的成熟科学家——那种做事主动、懂得自律、放到华尔街或其他什么地方也能成功的人才。”[91]科普罗夫斯基应该是世界上最适合吸引顶尖人才到威斯塔研究所工作的病毒学家。他有种近乎天赋的敏锐，能够知道谁将来可以从事具有原创性的重要工作，能够

发现人才。此外，他极擅交际。（在乘船横渡大西洋时，他发现诗人T.S.艾略特与自己同船，于是成功地邀请了艾略特与他喝茶。）[92]

科普罗夫斯基悉心地与德国、瑞典和英国等国家的顶尖科学家建立起联系。但是，他最先带去威斯塔研究所的是他在莱德利实验室几位关系亲密的同事。他们才到威斯塔时或许怀疑过自己的决定。大楼破旧不堪。走廊里只有几盏靠一台发电机供电的100瓦灯泡；大楼只有一小部分区域与城市电网相连。新到的几位科学家才把设备接到电源上，电路就短路了。胆固醇专家、科普罗夫斯基的密友戴维·克里切夫斯基后来回忆，他拧开一个实验室的水龙头，里面流出来铁锈色的水，流了20分钟后，水管爆了，把地板淹了。[93]

科普罗夫斯基开始了一场史无前例的大扫除。他用蒸汽清洗了褐砂石建成的正面，把那座阴森森的博物馆集中到一楼的一侧。他把许多解剖学标本送去了其他博物馆，但是把研究所创始人艾萨克·威斯塔的脑收到了地下室的储物间。[94]他处理掉那副鲸鱼骨架，卖掉出名的白化病大鼠群落，还清理了那间19世纪的图书馆，但是最终留下了图书管理员比尔·珀塞尔——一位思想自由的人，他身材纤瘦，留着长发，收集了许多情色作品。

科普罗夫斯基花费巨款——56.7万美元，相当于2016年的480万美元——重新装修研究所。这笔钱近一半来自威斯塔研究所的现金储备，其余的部分大多来自美国政府。他为大楼重装了水电，配上了中央空调。他分隔出会议室和行政办公室。他还购置了高压灭菌器、离心机和电子显微镜。在地下室，他腾出了一个宽敞的房间来清洁实验室器皿，配备了百德百优牌14英尺清洗机。但是，最重要的是，研究所的每寸地面都得到利用，建造了二十来间病毒学、生物化学、病理学实验室，以及用于进行组织培养的先进实验室。对科普罗夫斯基的顶尖科学家队伍而言，只有顶尖的设备才合他们意。[95]

尽管性格霸道，但科普罗夫斯基并非事无巨细都要过问。他的目标是营造良好的氛围，让科学家们不用为钱担心，也不用为教书烦心，可以自由地探索他们关注的科学问题。他希望，这种做法带来的科学发现能够让威斯塔研究所跻身美国科学界的万神殿，与洛克菲勒研究所和约翰斯·霍普金斯大学之类的机构平起平坐。他向新招来的顶尖科学家们许诺高薪，假定他能够找到政府和个人来资助他们。他这样做是下了大赌注。这个计划将让他十分操心。但是，他的激励和承诺一开始就吸引来了目标人才，比如英国杰出的器官移植专家鲁珀特·比林厄姆，以及病毒学家埃伯哈德·韦克。埃伯哈德·韦克从德国图宾根著名的马克斯·普朗克研究所离职，加入了科普罗夫斯基的新项目。

科普罗夫斯基在聘用海弗利克时，并没有把他视为自己精英团队的成员。在他看来，病毒学家是生物学研究这场戏剧的主角。海弗利克这样的细胞培养人员只是配角，负责为病毒学家提供一瓶瓶细胞，供他们进行开创性实验。而且，科普罗夫斯基的核心圈子——都在美国以外出生，通常也在那里接受教育——反映出他在整体上低估了美国科学家。纤瘦、严肃的海弗利克操着费城口音，没有潇洒的气质，和那些世故的欧洲人不一样。永远也不一样。

不过，海弗利克还是得到了好地盘：一间全新的大实验室。要来到这间实验室，你需要爬上宽敞中庭里的熟铁大楼梯，在二楼左转，然后走进右手边的第二扇门。走进这扇门，你会发现许多闪亮的玻璃门柜子，里面装着烧瓶和移液管；你还会看到光洁的黑色操作台，以及远端墙壁上的大窗户。它们朝向西方，在窗边沿着云杉街看去，可以看到宾大校园的中心地带。在窗户下面，海弗利克放了一台“倒置的”显微镜。这台显微镜是他到威斯塔研究所后为进行细胞培养工作而改造的。在使用这台显微镜时，不是从大容器的上面向下观察，而是从培养瓶的底部向上看，可以近距离地观察单层生长在培养瓶底部的细胞。（这种创新传播开来，在今天的细胞培养实验室里十分常见。海弗利克最初的那台倒置显微镜2006年被美国国家历史博物馆收藏。）

实验室的一边靠墙有两个狭小的“无菌”室，里面有几张黑色的操作台，操作台下面的空间只容两腿。较大的那个无菌室也只能容纳两个人。海弗利克和他的技术员将在这1950年代末无菌程度最高的环境中，进行细胞培养。晚上离开时，他们会打开无菌室天花板上的紫外线灯，这样第二天早上操作台上的细菌就已经被杀死了。（第二天早上，他们会避免直视紫外线灯，把门推开一道缝，伸手进去关掉灯。工作人员如果偶尔忘记这样做，眼睑和皮肤就会被紫外线灼伤。）

今天实验室里的生物学家拥有十分精密的防护罩，其中的特殊过滤器能够过滤周围空气里的微生物。要是看到海弗利克不得不额外采取一些粗陋的措施来与污染斗争，他们或许会很惊讶。每隔几天，海弗利克都要在下班前把装满琼脂的培养皿放在操作台上，再把紫外线灯关掉。第二天早上，他把培养皿收集起来进行培养。如果几天后，培养皿上只长出一两个菌落，就还好。如果菌落较多，他会让技术员提一桶消毒液冲洗无菌室。

在海弗利克实验室的隔壁有一个宽敞的房间，推开豆绿色的沉重金属门，可以看见里面摆着许多木架。这是孵化室，里面的温度经过精心控制，通常为接近人体温度的98.6℉，让培养的细胞能够生长。很快，海弗利克就开始努力为威斯塔研究所越来越庞大的科学家团队

稳定地供应细胞。有些科学家的要求容易满足，比如那种适应力强、十分普通的海拉细胞。[96]

有些科学家的要求则较难满足，例如从特定啮齿动物器官里新采集的细胞。这需要海弗利克去找来那种啮齿动物，处死它们，取出器官细胞耐心培养。海弗利克还忙着改进方法，培养科普罗夫斯基团队用来赢得与萨宾的竞赛、先于萨宾研制出脊髓灰质炎疫苗的猴肾细胞。[97]

尽管工作上的要求很多，但是渴望做研究的海弗利克并不会只满足于为那些所谓更重要的科学家提供细胞。他开始做自己的实验。他最先想到的一项实验或许听起来很奇怪，但是他产生这个念头的原因却自然而明显，尤其是他知道至少有一个团队已经成功完成了同样的项目。细胞生物学家约根·福格，以及他在加利福尼亚大学伯克利分校的同事埃尔莎·西特塞尔和特尔玛·邓尼巴克，成功地以一种新材料培养出两种能够持续增殖的培养细胞——称为“细胞系”，因为它们能够在实验室里无限地分裂。他们使用的是人的羊膜，即子宫中包裹羊水和胎儿的坚韧薄膜。[98]

1958年11月，露丝·海弗利克将要生下他们的第三个孩子。那是细雨蒙蒙的一天，在与威斯塔研究所隔街对望的宾大医院产科里，她生下了一名女婴，取名苏珊。伦纳德·海弗利克站在产房旁边等待，手里拿着一只大不锈钢盘。（就像那个时代的大多数父亲一样，他并没有陪妻子分娩。）苏珊安全地出生后，海弗利克将沉甸甸、血淋淋的紫红色胎盘收好。

他端着胎盘走了五分钟：出了产房，穿过医院，跨过云杉街，到达威斯塔研究所。那是感恩节前夜，实验室里只有他一个人。他喜欢这样。他来到其中一个无菌室，把结实的半透明羊膜从胎盘上解剖下来，放到胰蛋白酶溶液中，胰蛋白酶是将猪处死后从其胰腺中提取出来的一种消化酶。它很快就把羊膜溶解成了细胞。

当年12月，在还没有多少经验的海弗利克带着三个孩子——一个2岁，一个1岁，一个才出生——度过光明节和圣诞节时，从苏珊的羊膜里溶解出来的那些细胞，正在海弗利克实验室隔壁那间孵化室里的小烧瓶中生长，它们浸泡在由盐、氨基酸、维生素和小牛血清（去除了血细胞、血小板和纤维蛋白原的小牛血液）配成的营养液里。海弗利克已经为这些细胞取好了名字：WISH细胞，即“威斯塔研究所，苏珊·海弗利克”（Wistar Institute,Susan Hayflick）的首字母缩写。

那年除夕，海弗利克用显微镜观察正在分裂的WISH细胞，发现

它们看上去完全不正常。它们表现出了癌变的典型特征。在他那篇关于这些细胞的论文里，海弗利克根据细胞的数量和增殖时间，计算出它们的癌变肯定不是在苏珊还在子宫里时发生的，而是在1958年12月21日当天或前后某个细胞突变时发生的。他认为，突变使得那个细胞在实验室环境中增殖的能力远超正常细胞，正常细胞很快就被激增的癌细胞完全击败了。[99]（海弗利克并不担心苏珊的健康，因为此时大家都已知道，实验室器皿中的细胞经常发生变异，这大概与实验室环境有关。）

几年后，华盛顿大学的遗传学家斯坦利·加特勒发现，WISH细胞以及1950至1960年代人们使用的许多其他细胞系，都曾经被癌细胞海拉细胞污染过。海拉细胞很顽强，容易污染其他培养细胞。[100]海弗利克是威斯塔研究所的常驻细胞培养专家，负责将海拉细胞提供给研究所的科学家们，其中包括科普罗夫斯基的脊髓灰质炎研究团队——他们使用海拉细胞来测量疫苗中脊髓灰质炎病毒的水平。[101]所以，很容易想明白为什么会发生交叉污染。

海弗利克至今仍然坚信，他的WISH细胞并没有被海拉细胞入侵。他在2014年接受采访时说，肯定是其他实验室的某个人得到并污染了WISH细胞，再将它们送去细胞库，细胞库现在告诉生物学家说，它们其实就是海拉细胞。加特勒在2016年表达了不同意见。他在电子邮件里说道："从海弗利克［最先描述WISH细胞来历］的那篇论文来看，它们当时就已经受到污染了。"

与出生时的经历相呼应，苏珊·海弗利克长大后成了医学博士和遗传学专家。如今，她在位于波特兰的俄勒冈健康与科学大学担任教授，研究分子遗传学和医学遗传学。

第四章　染色体异常与堕胎

费城，1959年

> 美国医院里的堕胎业务不公正、变化不定，而且在很大程度上不合法。这种情况的出现，根本上是因为20世纪医学的这个方面竟由19世纪的法律来规范。
>
> ——罗伯特·E.霍尔，纽约市哥伦比亚大学妇产科专家，1967年[102]

1959年4月，一个特别舒适的周末，威斯塔研究所重新装修完不久，科普罗夫斯基为重生的研究所举办了一场首秀聚会。那场聚会是按典型的科普罗夫斯基风格办的，场面大，层次高。聚会开头是贵宾晚宴，就在宾大博物馆埃及展馆穹顶下那些刻着象形文字的柱子中间举办。

研究所的新实验室在那个周末正式启用，五百位生物学家挤满了一场为期两天、题为“科学的体系”的研讨会。发言者可谓明星荟萃，包括费城市长、美国公共卫生局局长和美国国家科学院院长等要员，还包括许多顶尖科学家，例如将在次年获得诺贝尔奖的英国器官移植专家彼得·梅达沃。梅达沃的年轻搭档鲁珀特·比林厄姆已经被科普罗夫斯基招募到研究所，加入了他的精英团队。但是，最令人兴奋的是弗朗西斯·克里克的到场；他与詹姆斯·沃森合作，在六年前发现了DNA的结构。芭芭拉·科恩，当时为科普罗夫斯基工作的年轻实验室技术员，在五十五年后回忆那次聚会时说，克里克的到场让她赞叹不已。

海弗利克在4月还开始了新项目。[103]他开始探究一个令科学界激动、也让他十分着迷的问题。病毒能对人类致癌吗？病毒可能引发癌症，这并不是新观念。早在1842年，意大利帕多瓦一位敏锐的外科医生——多梅尼科·里戈尼-斯特恩就注意到，宫颈癌在远离世俗诱惑的修女中要比在其他女性中发病率低得多。[104]他的推论，即宫颈癌是由某种通过性传播的介质引发的，在当时无法验证。直到1908年，学界才有确凿的证据证明病毒在癌症中的作用。当时，哥本哈根大学的两位科学家威廉·埃勒曼和奥拉夫·邦发现，在使用提取自患白血病鸡的液体——细胞和细菌已经过滤掉了——来感染健康鸡后，健康鸡患上了白血病。[105]如果当时有更多人知道白血病是癌症，他的发现

或许能得到更多关注。

但是，三年后，在洛克菲勒研究所任职的年轻美国病理学家佩顿·劳斯，发现一种病毒让鸡长肉瘤，即结缔组织间的恶性肿瘤。劳斯从一只鸡的肉瘤中提取液体，使用超细过滤器过滤——还是将细菌过滤掉，把病毒保留下来——然后注射到其他鸡体内，那些鸡后来也患上了同样的癌症。劳斯发现癌症可以“通过一种能够与肿瘤细胞分离的介质”在鸡之间传播，但是这个发现没有引起重视。[106]当时没人觉得关于鸡的癌症的发现会与人类相关。劳斯发现的那种“介质”，后来被命名为劳斯肉瘤病毒，在癌症病因研究中扮演重要角色。

20世纪上半叶，生物学家当中的传统观念认为，癌症是由烟或烟囱灰之类的环境因素导致的，也有人认为是由基因突变导致的。晚至1950年代中期，有影响力的澳大利亚生物学家弗兰克·麦克法兰·伯内特还尖锐地反驳了病毒能够导致癌症这种观点；他在1960年因为在免疫学领域取得的成果获得诺贝尔奖。[107]然而，到1959年海弗利克研究这个问题时，许多生物学家都认为病毒会致癌，甚至反对伯内特等科学家的观点。他们的论据是这一事实：自劳斯发现以来的几十年里，学界已经发现几十种病毒能够导致多种动物（包括小鼠、大鼠和猫）——尽管不是人——患上良性或恶性肿瘤。1958年，爱尔兰外科医生丹尼斯·伯基特将一条吊胃口的信息抛进了这场辩论。他在撒哈拉以南的非洲发现了一种凶猛的儿童淋巴瘤。它分布在疟疾肆虐的区域，这说明它是一种传染性疾病。同年，美国国家卫生研究院启动了一个资金充足的项目，搜寻人体内的“癌症病毒”。

科普罗夫斯基和其他顶尖科学家，包括劳斯在内，组织了一场美国癌症学会会议，讨论病毒和癌症病因。1959年7月，《时代》杂志发表封面文章，报道了美国国家卫生研究院的两位科学家——伯尼斯·埃迪和萨拉·斯图尔特。她们发现了一种能够导致仓鼠、兔子和大鼠患肿瘤的小鼠病毒。“癌症研究中最热门的是病毒是否可能引发癌症。”美国国家卫生研究院病毒研究所的所长约翰·海勒告诉《时代》杂志。[108]

海弗利克意识到，他拥有的一套技能让他很适合研究这个主题：他十分了解微生物学，而且他比大多数科学家更懂得在实验室中培养细胞。他努力探究这个问题，充分发挥那些定义了他风格的品质：周密、耐心、坚定，特别能够忍受看似乏味的重复性工作。（他的一些前同事说他的风格是缺乏想象力、顽强和能吃苦。）

他得到街对面宾大医院的外科医生罗伯特·拉夫丁的帮助，获得了300个人类肿瘤样本，成功地使其中225个在培养皿的培养基里生

长。[109]

海弗利克的下一步骤基于一个合乎逻辑的假设：如果这些肿瘤有一些是病毒引起的，病毒就很有可能还潜藏其中，在细胞内部增殖，然后通过裂解细胞或出泡的方式释放，导致液体培养基中充满数百万单独的病毒粒子。海弗利克开始收集培养皿里液体的样本，并将它们冷冻。

做好准备后，他接下来要将这些液体解冻，倒在培养基中的非癌细胞上。如果液体中有致癌病毒，它们应该会感染部分正常细胞，将其变成癌细胞。但是，从哪里可以得到能够在实验室中存活并增殖的可靠非癌细胞呢？

对海弗利克而言，幸运的是，当时已经有了衡量细胞正常性的新基准。在发表于1956年的经典论文《人类染色体的数目》中，在瑞典隆德工作的阿尔伯特·莱文和蒋有兴使用新的显微技术，确定了人类染色体的正常数目。[110]生物学家此时确切地知道，正常的人细胞的细胞核内有46条染色体，一半遗传自父亲，一半遗传自母亲。拥有正常数目染色体的细胞，称为“二倍体”细胞。（染色体数目不是46的正常的人细胞只有精子和卵子；它们只有23条染色体，所以称为“单倍体”细胞。）

1950年代，科学家已经以明显正常的人类组织培养出几十个细胞系。但是，随着时间的推移——有时是很短的时间——这些细胞开始表现出异常。它们的形状和体积变得奇怪、杂乱，细胞核也膨大了。此外，它们的染色体数目也出现了异常。在实验室培养的细胞中，有些膝关节细胞有133条染色体，有些肝细胞有65至90之间任意数目的染色体，还有些包皮细胞（来自一个四天大的婴儿）有72条染色体。[111]对海弗利克和他的同代人来说，这种变化标志着一件事：癌症。[112]

七十年前，染色体异常首次被认为与癌症有关。1890年，年轻的德国病理学家戴维·保罗·冯·汉泽曼首次在分裂的癌细胞中观察到了染色体的数目异常。[113]冯·汉泽曼使用显微镜，在分裂的癌细胞中观察到染色体发生了磨损和断裂，还观察到染色体数目没有增加一倍——在正常情况下，染色体数目在细胞分裂前会翻倍——而是增加了两倍或三倍。此后不久，另一位德国科学家西奥多·博韦里在研究过受精异常的海胆卵细胞后提出，如果在细胞分裂期线状的DNA束没有恰当地分开，就会导致染色体数目异常。他认为，这种染色体数目异常的细胞最终会生长失控。[114]但是，由于当时的工具有限，他没法证明自己的直觉。

直到1960年，费城两位在威斯塔研究所附近工作的研究人员才首次发现染色体异常和癌症之间的关系。在宾大医学院研究肿瘤的生物学家彼得·诺埃尔，以及在费城福克斯·蔡斯癌症中心学习的研究生戴维·亨格福德，研究了慢性髓细胞性白血病（一种血细胞癌症）成人患者的骨髓细胞。几乎所有患者的第22号染色体都异常地短。他们给这种长臂缺失的染色体取名为“费城染色体”。[115]他们的发现证实了许多科学家长久以来的猜测：癌症，至少其中一部分，是由基因错误导致的。

对于海弗利克来说，在费城染色体还没有被发现的1959年，实验室培养的几十个细胞系中的染色体数目异常足以证明那些细胞不正常，不适合他的实验。尽管他缺少在实验室中培养出来的正常细胞，但是他确实表示过要培养出正常细胞也并非不可能。蒋有兴，人类染色体正常数目的发现者之一，已经从瑞典来到科罗拉多大学，在顶尖科学家西奥多·普克的实验室里工作。他们两人已经从患者，或患者手术后废弃的组织培养出明显正常的细胞。他们用子宫、睾丸和包皮建立了几个细胞系。他们报告说，每个细胞系的细胞仍然有46条染色体，而且细胞在培养皿中活跃地分裂了五个月后，染色体在显微镜下仍然看起来正常。[116]

即使这样，对于使用手术废弃组织，甚至使用志愿者的皮肤样本在培养皿中培养正常细胞，海弗利克仍然持保留意见。作为微生物学家，他十分清楚来自任何人的细胞，无论这个人在地球上生存多久，都有可能受到致病病毒污染。在加尔维斯顿期间，他亲眼见过潜藏于人扁桃体和腺样体中的腺病毒。当时，单纯疱疹病毒就已知潜藏于神经细胞中，肝炎病毒据推测静静地集聚在肝脏中，而且科学家们即将发现各种类型的鼻病毒——普通感冒的一种主要病因——潜藏在人的鼻腔和咽喉中。用浸过实验室中癌细胞的液体来处理从成人提取的细胞，失去了意义。就算看上去正常的细胞变成了癌细胞，他也不知道是因为液体里的病毒，还是因为一些已经存在于细胞中的病毒。然而，很明显有一种组织即使不能保证绝对没有病毒，但是洁净的可能性也要高得多。

胎儿受到子宫的保护。它们藏在母亲的身体里，没有接触到婴儿和幼童在尿布台、学前班和厨房地板上会遇到的致病微生物。而且，怀孕的母亲在接触到不受欢迎的细菌和病毒时，体内的细菌抗体和抵抗抗原侵入的免疫细胞能够在很大程度上保护胎儿。未能从母亲咽喉、消化道和血液中清除的有害微生物，仍然可能被胎儿抵抗，因为母亲的有些抗体会穿过胎盘。也有例外，有几种致病的病毒能够避开免疫防御，影响成长中的胎儿。但是，与成年人接触病毒相比，这些

病毒影响胎儿的可能性要低得多。尤其是，海弗利克在1959年还不用担心一种在今天臭名昭著的病毒：艾滋病病毒。所以，在搜寻尽可能洁净的组织时，海弗利克总是绕回到这个似乎不可避免的结论上：用流产胎儿来培养细胞，是培养出正常人细胞的最好方法。

阿尔伯特·萨宾、约翰·恩德斯以及他们的同事在1930至1940年代的工作表明，海弗利克并非第一位利用流产胎儿来探究生物学问题的科学家。1950年代中期，以研究生身份在威斯塔研究所工作时，他亲眼见过许多胎儿放在研究所的庭院里，等着送去焚化；那些胎儿都解剖过，提取了垂体细胞去做实验。在他完成研究生学业时，斯德哥尔摩的科学家们正在使用取自流产人胎的细胞，研制首批基于人细胞的脊髓灰质炎疫苗，只是未能成功。同样在瑞典工作的莱文和蒋有兴，通过研究提取自四个流产胎儿的肺细胞来确定人类染色体的正常数目。

1959年，在海弗利克寻找流产胎儿的来源时，美国有两个平行宇宙。根据法律，堕胎在美国所有州都是犯罪行为。宾夕法尼亚州法典上那条在1939年通过的规定，与其他49个州的法律规定不同，甚至不会为那些可能因怀孕足月而有生命危险的女性破例。[117]它这样规定：

> 以造成女性堕胎为目的，非法对其施用任何毒物、药物或物品，或者出于同样的目的，非法使用任何器械或其他手段，即属重罪。一旦定罪，将被判处不超过三千（3000）美元的罚款，或不超过五（5）年的隔离或单独劳役监禁，或二者并罚。[118]

如果胎儿死亡，也就是说如果堕胎成功，那么施行堕胎手术者就会受到加倍处罚，罚款六千美元，单独劳役监禁十年。如果堕胎过程中孕妇死亡，处罚会更严厉。[119]

显而易见，这项规定并未界定什么是“非法”堕胎；“非法”这个词就说明，堕胎既然有“非法的”，也就可能有“合法的”。然而，这种含糊并未阻止宾夕法尼亚州当局严肃执法。他们起诉了无资质的地下堕胎操作者，也起诉了单独提供堕胎服务的医生，例如1967年蒙哥马利县（包括费城西北部的高端郊区）被判定实施了非法堕胎手术的医生拉马尔·T.齐默尔曼，以及1968年阿利根尼县（包括匹兹堡）被判入狱两到五年的医学博士本杰明·金。[120]

在同一个时代，在不同的环境中——宾大医院和其他大医院构成另一个平行宇宙——执法部门却容许堕胎。他们延续了一种早在1867年开始，并且演进了几十年的传统。1867年，伊利诺伊州发布了一项

法律规定，“出于真实的医学或治疗目的以外的”堕胎是犯罪行为。它并未界定什么是真实的医学或治疗目的，而是将这项任务留给了医学界。[121]

术语“疗病性流产”指代那些被理解为，至少被拥护堕胎的医生和执法部门理解为非犯罪行为的堕胎。疗病性流产由具有资质的医生在其认为必要时进行，尽管对这种必要性的界定处于法律的灰色地带。这个灰色地带直到1973年最高法院判决罗诉韦德案时才最终消失。在那次标志性的判决中，最高法院撤销了相关的州级刑事法律，认为在胎儿成为子宫外有意义的生命之前，除非是为了保护怀孕母亲的健康，否则各州不得限制堕胎。

在20世纪的头二十年里，所谓的疗病性流产是在医生的私人办公室里或者在家里进行的。1930年代，堕胎手术逐渐转移到诊所和医院里，堕胎数量也随着女性对大萧条做出反应而增加。[122]然而，费城的堕胎机会显然有限：费城产科学会收到的一项调查显示，1931至1940年，费城有329名妇女因为自行或由非医疗人员实施堕胎而死亡，或者说，每出生1000名婴儿，就有约10名孕妇死亡。[123]

医生辅助堕胎数量增加，各州因此更严格地执行反堕胎法律，例如宾夕法尼亚州在1939年的法规。[124]医生和医院随之尝试在法律上保护自己。在1940至1950年代，医院成立了所谓的“疗病性流产委员会”。委员会由几位医生组成，任务是正式接收和评估堕胎申请。

宾大医院是一个宏大的机构，它十层高的砖楼屹立在费城西部这所常青藤大学校园的南边。在白天的某些时刻，这栋大楼的影子荫庇着威斯塔研究所。宾大医院是美国最古老的大学附属医学院，建于1874年。到1959年，它已经集聚了足够的力量，成为费城最权威的医院。

就像许多大医院那样，宾大医院在1955年或更早的时候就成立了疗病性流产委员会。[125]一位从1950年代末到1962年在宾大医院做堕胎手术的妇产科医生，在2014年的采访中说，委员会是个随意的组织。“坦白说，如果有人想申请堕胎，你只用找来一两位同事，问一句‘你们同意吗？’委员会根本没有开过会……如果涉及法律问题……我们可以说我们在电话上讨论过”，然后再同意的。[126]

但是，到了1963年，不知出于何种原因，那种轻松的做法改变了。那年，由宾大医院医务委员会批准的规定明文要求，提议进行堕胎手术的医生须将书面申请递交至疗病性流产委员会。委员会三位匿名的妇产科医生都必须为每项申请提供书面意见。在适当的情况下，

委员会还可能纳入一位其他领域的专家，通常是精神病学专家，来评估堕胎申请。如果一位委员提出要求，他——几乎总是男性——可以对患者进行访谈和检查。[127]

去看私人医生的女性（通常更富有、肤色更白、地位更高），相较于所谓的门诊患者（在宾大医院补贴门诊部看病的更贫穷、通常肤色更黑的患者），从委员会获得堕胎许可的可能性要高很多。但是，在1950年代末，无论是什么肤色的女性，要获许进行疗病性流产都越发困难。在那个年代的保守氛围里，疗病性流产的数量逐渐减少。[128]这种情况持续到了1960年代。发布于1967年的一项有根据的估算认为，非法堕胎与医院堕胎的比例为100:1。[129]

海弗利克记得，得益于希拉里·科普罗夫斯基与宾大医院的外科主任、宾大负责医学事务的副校长伊西多·施瓦纳·拉夫丁的关系，从1959年开始，他能够获得胎儿了。

如果说宾大医院是费城最杰出的医院，那么I.S.拉夫丁——亲密的同事称他为“拉夫”——就是医院里最杰出的权力人物。他从1935年开始担任宾大医院外科研究部的主任，不过他或许会对第二次世界大战期间在缅甸建立和管理丛林医院的事迹更自豪。他个子不高，留着小胡子，一头黑发渐渐稀疏，他拥有异乎寻常的精力——他当时的秘书贝琪·梅雷迪丝回忆说，他“就像热锅上的一颗豌豆”——医学生和住院实习医生都很怕他，对他唯命是从。[130]他的影响力超出了宾大医院，到达了华盛顿的权力圈。1956年，有人拍到他在共和党全国代表大会的讲台上得意地举起德怀特·艾森豪威尔总统的手。[131]两个月前，拉夫丁被召去华盛顿，为因肠梗阻而性命难保的艾森豪威尔做手术。1959年，拉夫丁忙着策划扩建宾大医院，建一栋容纳374张床位的全新大楼，以自己的名字命名。

去求拉夫丁办事的人，会看到他拉出口述录音机，迅速口述出一封信。这封信最终会成功动用他们在医院的巨大体系里想要找的关系，有时也可能不成功。根据海弗利克的说法，科普罗夫斯基就求拉夫丁办过事。他请医院将流产胎儿送到威斯塔研究所，给一位名不见经传的年轻科学家。

在性、节育和堕胎方面，拉夫丁扮演了一个完美的政治角色。他必须如此。在天主教氛围浓厚的费城，教会的势力很大，经常影响医院和大学的政治。1952年，在宾大医学院建立家庭研究系时，因为这个系与开明的费城婚姻理事会有联系，所以宾大医学院院长写信给拉夫丁，表示担心“这个计划可能会被天主教会误认为与生育控制有关”。[132]

然而，到了1960年，教会和整个社会正面临着一场变革。一天早晨，亮橙色传单撒遍了宾大医院的大门口，这场变革在这里登场。这些11英寸长、8英寸宽传单的标题是“罗马天主教会及宾大医院”，内容是激烈地抱怨：因为天主教会施加的压力，连在医院看病的犹太教和新教患者都用不上子宫帽避孕器。[133]

传单让医院高层忙着给彼此写信，不是驳斥传单上的说法，而是要找出是谁使用医院的纸张和油印机制作了传单。（他们似乎并未找出罪魁祸首。）“看得出来，传单上的说法具有煽动性，可能很容易使宾大陷入尴尬的境地，”拉夫丁给妇产科主任富兰克林·佩恩写信说，“传单使用的纸张……也是你们科室使用的那种纸，而且印制传单的油印机也与你们科室的那台相似。”[134]

拉夫丁在私底下可能十分同意传单上的说法。但是，他的工作是保护自己的医院，所以他小心翼翼地在女权倡导者与教会之间走了一条中间道路。1958年，有人拍到他在罗马朝教宗庇护十二世眉开眼笑，他还回忆说那是个“美好的场合”。[135]同样，在几年后受邀参加美国计划生育联合会的午餐会时，他给组织者写信说“十分愿意”出席。[136]

科普罗夫斯基的传奇魅力在拉夫丁那里并未见效；1959年年中，拉夫丁很快就觉得科普罗夫斯基这位热情洋溢的波兰人善于操控他人，不值得信赖；一年后，拉夫丁带领威斯塔研究所董事会的一个小团体，要将科普罗夫斯基赶出去，只是未能如愿。[137]但是，拉夫丁几乎毫不迟疑地同意了科普罗夫斯基让医院把胎儿送给海弗利克的请求，原因很简单：他相信科学发展，不愿意让个人政治阻碍它。

拉夫丁从一当上外科主任，就一直在帮助威斯塔研究所的科学家。“您需要多少肿瘤组织来做研究，我们都可以帮助提供。需要什么，什么时候需要，跟我说就行。”1947年，年长的癌症科学家玛格丽特·刘易斯找他要一些恶性肿瘤的样本，他这样写信回复。[138]十年后，威斯塔研究所的病毒学家威廉·麦克利曼斯写信给拉夫丁，表示他在拉夫丁提供的十二位宾大医院患者的乳腺癌组织中发现了有趣的结果，询问是否可以查看患者的病历。“你凭这封信就可以去医院的档案室。”拉夫丁回信说道。[139]

海弗利克自己或许已经受益于拉夫丁的支持；在海弗利克需要肿瘤样本来研究病毒是否会引发人类癌症时，正是I.S.拉夫丁的儿子罗伯特·拉夫丁给他提供了样本。[140]罗伯特·拉夫丁当时还是宾大医院的普外科医生，他与父亲相距四间办公室。

1959年年中，海弗利克接到宾大医院打来的电话，通知他医院实施了一例堕胎手术，有一个胎儿可以送到他的实验室。海弗利克便开始使用这个完整的胎儿进行研究，此后他还会收到一系列胎儿。宾大医院的妇科医生提供三四个月的胎儿，这些胎儿的主要器官已经得到充分发育，能够被解剖、摘除，以供海弗利克研究。[141]

海弗利克接收胎儿，不需手续文件或许可，只需推动这件事情的拉夫丁同意即可。和那个时代的几乎所有这类安排一样，胎儿的交接过程也不正式。尽管胎儿的运送并未像非法贸易那样遮遮掩掩，但也没有大张旗鼓，毕竟要考虑当时的法律现实和道德敏感。

妊娠18周时——在医学用语中，这指的是母亲末次月经后18周，因此也就是精子和卵子结合受孕后大约16周——人类胎儿从头顶到臀部长约5.5英寸（呈双腿蜷曲胎姿）。胎儿已形成双臂和双腿，有完全成形的手指和脚趾，还有鼻、嘴、唇、耳和指甲。它能够眨眼、抓握、睡觉、动嘴，以及踢腿。它的皮肤鲜嫩而透明，下面的血管就像复杂交通图上的红色公路。确实，它的眼睛还未睁开，相较于身体其他部位而言，头部很大，它因而看上去有些像外星人。将会让它拥有知觉的神经通路正开始在大脑中生长。[142]它在子宫外无法存活。但是，它无疑已经是一个初期的人。

“我记得收到妊娠三四个月的完整胎儿。它们有这么大，”海弗利克在2012年接受采访时说道，双手比画出6英寸那么长，“我记得很清楚，在解剖它时我并没有感到不安——别问我为什么。我解释不了。但是，我就是这样的人，它没有影响到我。”

“它最终肯定会送进焚化炉，”他补充道，“如果用来做研究，或许可以给他人带来益处。”[143]

最先送到他实验室的胎儿是男性。他花了几个小时解剖肺，用胰蛋白酶把肺组织分解，将得到的细胞放进离心机旋转，最后放进四只叫作布莱克培养瓶的长方形派热克斯烧瓶中。[144]他往里面倒入培养基，小心翼翼地给每个玻璃瓶盖上琥珀色的硅胶瓶塞，然后将四个瓶子放到托盘上，端进实验室旁边装着沉重大门、温度为96.8°F的孵化室里。他把培养瓶平放在木架上。这会让细胞的“底面积”最大化，细胞不会漂浮在液体的培养基里，而是会沉到底部。它们会不断增殖，直到形成薄薄的一层，覆盖瓶底。

大约三天后，海弗利克在盛有提取自第一个胎儿的细胞的培养瓶中，发现了生长的迹象：瓶底出现了近乎透明的覆盖物，而瓶底正是细胞曾附着并开始分裂之处。[145]他给每个瓶子里换上新的培养基，

然后关上门，继续等待。十天后，细胞在每个瓶底汇聚成了一层。（正常的非癌细胞此时会停止分裂，不会继续增殖，以至于层层堆叠。这种属性称为“接触抑制”。）

海弗利克此时委托他的技术员弗雷德·杰克斯——一位年轻的退伍军人，最终会取得医学博士学位，成为费城郊区阿宾顿纪念医院的首位非洲裔美国医生——去做一项乏味的工作，即“分离”那些培养瓶，将覆盖在瓶底的细胞分成两半，其中一半放进一个新的布莱克培养瓶。这项工作包括许多步骤。杰克斯首先要使用胰蛋白酶，即“凿岩机”消化酶，松化紧贴在玻璃瓶上的细胞。随后，他要把脱落的细胞浸在培养基里，用玻璃移液管将它们的一半吸出来，转移到新瓶子里。移液管的顶端只有一层棉花保护尖嘴。全美国的实验室都用这种方法，偶尔会造成令人讨厌的意外。今天，大多数移液液管都是通过拇指控制活塞来操作的，就像注射器。

在初次分离后不久，肺细胞似乎就挂上更高档位，增殖得十分迅速，海弗利克很快就制定了严格的时间表，每三四天分离一次。（节俭的海弗利克会用实验室的瓶子把用过的培养基带回家，给他的蔷薇、水仙和郁金香施肥。）

培养瓶从2个变成4个，4个变成8个，8个变成16个，16个变成32个，海弗利克很清楚，它们很快就会摆满实验室隔壁的公用孵化室。所以，他让杰克斯冷冻那些细胞。杰克斯先将它们转移到酒瓶状、不足两英寸高的小安瓿里，再用本生灯迅速灼烧瓶颈，将安瓿密封。每只安瓿里含有一盎司培养液，其中漂浮着300万至400万个细胞。[146]

即使受孕后才16周，胎儿的肺里也已经包含许多类型的细胞。例如，在这个时期的胎儿体内，血管的内壁上有立方体状的内皮细胞，数千根细支气管的内壁上有更长的柱状上皮细胞，下面还有平滑肌细胞支撑着它们。但是，将肺结合成整体的是结缔组织，它的成分是成纤维细胞——纺锤状的细长细胞，形如指南针的指针。结果证明，成纤维细胞是最适合在实验室存活的细胞。几周后，海弗利克实验室瓶子里的活细胞就只剩下它们了。

1960年夏，希拉里·科普罗夫斯基发行了一本11英寸长、8英寸宽的光面小册子，简述新研究所各实验室的研究工作。威斯塔研究所1958至1959年的跨年报告封面上只有一张照片，内容是海弗利克的成纤维细胞。书中这样介绍这张照片：“这些细胞来自正常人胎的肺，拥有（正常）数目的染色体。”[147]

海弗利克撰文解释了那张封面照片的重要意义，字里行间流露着激动之情。他写道，可以利用人胎在实验室器皿中培养没有——至少暂时没有——癌变的细胞。封面照片上的胎儿细胞系，已经在他孵化室的培养瓶里连续生长了六个月。它被命名为WIHL，取自“威斯塔研究所人肺”（Wistar Institute Human Lung）的首字母。它们生长迅速，因此被对半分了几十次，转移到新瓶子里，但是“它们仍然拥有二倍体细胞的染色体数目”，海弗利克写道，他所说的是人类染色体的正常数目，即46条。[148]

更重要的是，他继续写道，这些WIHL细胞并没有任何癌化的迹象：解体、大小不规则，以及细胞核膨大。实际上，它们在显微镜下看上去就和几个月前才从胎儿体内取出时一样。它们是典型的成纤维细胞：形状细长，中间较粗，两端尖细。WIHL细胞株“在这项研究中是极其重要的工具，在其他领域可能也会产生特别重要的影响”，海弗利克写道。“从各方面的迹象来看，它就是正常人细胞。”这，他补充道，让它成为他用来寻找致癌病毒的一种理想细胞。

但是，海弗利克关于病毒是否致癌的研究即将被抛下，取而代之的是一项他未曾预料到、将会改变科学界观点的发现。

第五章　凋亡的细胞与教条

费城，1960—1961年

> 我的孩子，科学是由错误组成的；但它们都是有用的错误，因为它们让我们逐渐接近真理。
>
> 儒勒·凡尔纳，《地心游记》[149]

1907年，约翰斯·霍普金斯大学的工作狂、胚胎学家罗斯·哈里森，首次在实验室培养皿中让蛙的脑组织生长。从这一年开始，生物学家就一直在培养细胞。那个时代几乎所有的科学家，在做研究时都秉持这个简单的普遍信念：培养皿中的细胞如果处理得当，应该无限地存活。如果它们死亡，那么问题不在于它们，而在于科学家。要么是科学家的器皿不洁净，要么是培养基中的营养物质成分不对，要么是马虎的技术员在细胞培养盘上打喷嚏，造成了严重的感染。这种认为在培养皿中细胞可以无限存活的信念，源自法国科学家亚历克西·卡雷尔的研究工作。卡雷尔是一位秃顶、戴眼镜、追逐名利的科学家，在1912年因为发明亟须的血管缝合方法而获得诺贝尔奖。但是，对海弗利克和其他细胞培养专家而言，卡雷尔在半个世纪里的影响，来自另外一个完全不同的实验。

20世纪初，魅力非凡的卡雷尔在当时美国的顶尖医学机构、位于纽约市的洛克菲勒研究所工作。1912年1月中旬的一天，卡雷尔从八天大的鸡胚心脏上取下一小团组织，放到培养皿中，然后用稀释的鸡血浆（去除血细胞、血小板的血液部分）来培养它。两个月后，那团心脏组织生长得特别“充分”，被分离和移植到新的器皿中18次后，仍然存活，甚至按照他的说法，还在培养皿中跳动。卡雷尔就这一发现发表了论文《论有机体外组织的永生》。[150]

当年晚些时候，在卡雷尔因血管缝合研究成果获得诺贝尔奖时，许多科学家和记者都误以为他是因为培养出永生的鸡心而获奖的。那团奇迹般的跳动组织“是全世界医学界人士讨论的主要话题”，一篇报道卡雷尔获诺贝尔奖、占据《纽约时报》周日专版整个头版的文章这样写道。[151]

卡雷尔很快就把养护那团跳动的鸡心组织的工作交给了实验室的

同事阿尔伯特·埃贝林。埃贝林接下来照看了它34年，给它添加培养基，在细胞生长得过多时将它们分离，并丢弃大多数细胞，保证培养皿里始终有心脏组织在生长。不死的鸡心成了大众媒体的最爱。1924年，鸡心即将满“12岁”，《纽约论坛报》报道说：“分离出来的组织在实验室中存活12年……仍如在体内一般生长。”[152]卡雷尔自己也这么说。他曾经登上《时代》杂志的封面——尽管他在1935年出版了《人，未解之谜》，提出使用毒气对精神正常和失常的罪犯施行安乐死，[153]因而使他自己提前从洛克菲勒研究所退休。培养皿中的鸡心比他活得更久；1946年，在卡雷尔去世两年后，埃贝林最终丢弃了那些心脏组织。

20世纪上半叶，生物学家谨记卡雷尔鸡心实验的经验，不断尝试重复卡雷尔的实验（无人成功），并尝试在培养基中使其他类型的细胞无限存活。实验反复失败，肯定怪他们能力不足。这种观念在1943年又得到加强，当时美国国家癌症研究所一位圆脸、戴眼镜的细胞培养专家成功地使一个小鼠癌细胞在培养皿里无限存活。[154]威尔顿·厄尔的小鼠细胞成为第一个可证明的永生细胞系，其他科学家能够从他那里获得这种细胞，在实验室里亲自观察它们无限地增殖。

1951年，即海弗利克获得学士学位的那年，同样的成就在人细胞上得以重复。那年，在约翰斯·霍普金斯大学工作、富有创新精神和决心的癌症科学家和细胞培养专家乔治·热伊，首次培养出了能够在实验室无限存活的人细胞，这些细胞提取自临终的妇女海瑞塔·拉克斯的恶性宫颈肿瘤。几年时间内，海拉细胞系就在全世界的生物学实验室里得到研究和使用了。

事后看来，我们可以很轻松地说，厄尔的小鼠肿瘤细胞、热伊的海拉细胞，以及其他在1950年代接连出现的不死细胞，之所以能够无限地存活，是因为它们都是癌细胞。毕竟，癌症的定义就是细胞的生长超出正常限制，不受控制地无限分裂。但是，对在近六十年前工作的海弗利克而言，事情并不是如此清晰。当时的确没有理由怀疑，正常的非癌胎儿细胞——如卡雷尔的正常鸡心细胞——在培养皿中也会无限地存活。

所以，在1960年的一个冬日，海弗利克注意到孵化室里有些不对劲，便开始查找自己哪里做得不对。此时，除WIHL细胞系——从他收到的第一个胎儿提取的肺细胞——以外，还有几个胎儿细胞系在木架上的玻璃瓶里增殖。

1959年末，他继续不定期地从宾大医院收到胎儿。他利用那些胎儿，从几种胎儿器官——皮肤和肌肉、胸腺和甲状腺、肾和心脏——

培养出了若干细胞系。他发现，细胞植入培养瓶后，需要大约十天的时间适应，生长并覆盖瓶底，形成半透明的光泽，可由有经验的研究人员识别。（海弗利克将细胞生长的这个初始阶段，即生长至首次覆盖培养瓶底，标记为第一阶段。）

他将覆盖在瓶底的细胞分离，把其中半数放进新的培养瓶后，所有细胞都开始以快得多的速度分裂，每隔三四个小时就需要分离一次。（他把这个持续数月的快速分裂阶段，称为第二阶段。）他发现，无论最初培养的细胞有多少种，到最后都只有一种存活下来，即那种构成结缔组织——它对器官和细胞起联结作用——的细长的纺锤状成纤维细胞。无论出于什么原因，其他种类的细胞都未能在他的培养瓶里存活。

随着建立的细胞系越来越多，海弗利克对它们的命名变得越发有条理。他很快从胎肺中开发出第二个细胞系，于是需要重新为第一个细胞系命名，不再使用“威斯塔研究所人肺”。他决定简单些，以数字顺序来给细胞系命名。WIHL细胞系被重新命名为WI—1，第二个细胞系被命名为WI—2，以此类推。到了1960年9月，他建立了最后一个细胞系WI—25。这个细胞系来自19号胎儿（女性）的肺。（细胞系的数量多于胎儿数量，是因为海弗利克在使用其中几个胎儿时，从不同的器官得到了多个细胞系。例如，他建立的第二个细胞系WI—2，就是从1号胎儿的皮肤和肌肉培养出来的。）[155]

科学中常有不幸的事情发生。WI—2细胞系在生长了几个月后，因为细菌污染而死亡。海弗利克逐渐发现，取自某些器官的细胞，会比实验室里的其他细胞生长得更好。源自心脏的细胞系很不活跃：他的WI—6细胞不到三个月就停止生长，并最终死亡。但是，肾细胞却生长得不错，WI—1肺细胞生长得最好。他开始怀疑，肺部成纤维细胞最适合在实验室中生长。

但是，1960年冬的这天，WI—3细胞出了什么问题？WI—3细胞系源自2号胎儿的肺细胞，如果他的预感没错，它们现在应该像WI—1肺细胞那样，正在旺盛地分裂。但是，他在过去几周里注意到，WI—3细胞覆盖住培养瓶底所需的时间，变得越来越长。而且，它们的培养基不再像此前那样迅速地由粉色变成黄色。培养基颜色的变化缘于酸性物质的产生，意味着细胞在活跃地进行新陈代谢。颜色变化放缓意味着细胞日常活动的速度在放缓——用过于简单的话来说，它们就像是70岁的老人，而不像20岁的青年。此时，在WI—3细胞系建立五个月后，又出现了令人担心的迹象。培养基通常都是清澈的，今天却变得浑浊，他担心那是凋亡细胞的残骸。

海弗利克把WI—3细胞拿去隔壁的实验室，用显微镜观察。结果正如他所料，他看到了四散的颗粒状细胞残骸。此外，他仔细检查那些缠绕的、紧密的深色染色体（在分裂活跃的细胞中，可用高倍显微镜观察到），发现它们十分稀少。细胞分裂减缓，或许停止了。

在接下来几个月，WI—3细胞完全退化了。健康的成纤维细胞通常像一列列士兵排列得十分整齐，细胞紧挨着彼此，尖细的两端都指向相同的方向。然而，WI—3细胞凌乱地散布着，指向不同的方向。在显微镜的视域里，凋亡细胞的黑色残骸分散在细胞之间的白色空隙里，或附在细胞的表面，就像被冲上沙滩的浮木。

这些变化会慢慢出现，但是在看到细胞情况恶化的最初迹象时，海弗利克便开始尝试搞清楚他在培养WI—3细胞时犯了什么错误。或许是某些必需的营养物质不足，因此他调整了培养基的成分——将重新制备的液体倒在分裂放缓的细胞上。但是，即使这样做了，他也觉得结果不会有变化。他使用的培养基是由技术人员在地下培养基制备室里制备的，每次制备几大批，够用好几周。如果WI—3细胞有问题，那么使用相同培养基的其他细胞也应该有问题。但是，其他细胞却在旺盛地生长。他的怀疑得到了证实，调整过的培养基没有让WI—3细胞复苏，培养瓶因细胞残骸而变得越发浑浊。

或许他在其他方面出了问题。罪魁祸首会是不洁净的器皿吗？但是，实验室使用的是同样的器皿，由同样的人员在研究所大楼内使用同样的器皿清洗设备清洗和消毒。或许偶尔的疏忽会导致培养瓶不洁净，但是这些随机产生的不洁净培养瓶，有多大可能总被用于WI—3细胞，而不是其他细胞呢？几乎毫无可能。

真正说得通的解释只有一个：WI—3细胞被污染了。要排除细菌污染这一可能性很容易：他将一些不活跃的WI—3细胞放到琼脂板上孵化，但是没有细菌生长出来。阻碍WI—3细胞生长的不是细菌污染。

要检测其他微生物则困难一些。其中一类重要的嫌疑对象是类胸膜肺炎病原体，这些讨厌的微生物比细菌小，比病毒大，海弗利克在读研时研究过它们。它们是细胞培养专家的灾星，即使科学家使用过抗菌素，以为已经将它们消灭，它们也总是像野草一样出现在不该出现的地方。所幸的是，海弗利克已经成为使用显微镜辨识类胸膜肺炎病原体的专家。类胸膜肺炎病原体的菌落形似“煎蛋”，有经验的人才能发现它们。他检查了浑浊的培养基，没有发现类胸膜肺炎病原体。

WI—3细胞还可能是受到了某种病毒的影响。海弗利克用显微镜

检查它们，寻找病毒入侵的迹象。在显微镜下可以观察到病毒侵入细胞时产生的典型迹象。细胞的形状会变得很奇怪。它们会膨胀，还可能从平时紧贴的玻璃瓶壁上脱落。它们会形成“包涵体”，即在细胞核或细胞质中聚集的异常蛋白质。海弗利克没有在WI—3细胞中观察到这些迹象。当然，无论多么努力地观察，他都无法得出否定结论，即他无法证明细胞中没有潜藏着某种尚未被发现、无法探测到的病毒。这个现实最终使他感到困扰。

海弗利克竭尽全力去唤醒WI—3细胞。他继续将细胞分离到新的培养瓶中。细胞在新培养瓶中继续萎靡不振。他还尝试将多个培养瓶中退化的细胞汇入一个培养瓶，但是情况没有改观。

如果海弗利克不是这么勤奋，没有在几个月的时间里用19个胎儿的器官建立了25个细胞系，而只是建立了两三个细胞系——那么此时他或许会像之前的许多科学家那样，推断自己只是未能满足著名诺贝尔奖得主卡雷尔所设立的高标准。他或许会得出结论，认为引发问题的是自己的无知，而WI—3细胞则是他无知的牺牲品。

然而，在WI—3细胞越发衰弱的同时，海弗利克也在观察其他细胞系。它们都生长得不错，直到几周后的一天海弗利克再次去孵化室，发现其他一些布莱克培养瓶也开始因为细胞残骸而变得浑浊。它们装着WI—4细胞，这个细胞系源自3号胎儿的肾，此前一直生长得特别好，直到最近增殖速度才变慢。此外，源自3号胎儿肌肉的WI—5细胞，在培养瓶中生长至覆盖瓶底的速度也开始变慢。在这些肌肉细胞停止分裂时，下一批细胞，即源自4号胎儿胸腺和甲状腺的WI—7细胞，也开始衰退了。

海弗利克观察到较新的细胞系在培养瓶中生长旺盛，而源自最初几个胎儿的细胞则逐渐衰弱，最后死亡。他把自己的困惑告诉了威斯塔研究所的几位同事。其中一位是莱昂内尔·曼森，一位发福、和善的免疫学家，有一种自嘲式冷幽默感，思维极为敏捷。

“我给莱昂内尔讲了我的发现，对他说：‘我在考虑好几种解释。’”海弗利克在2014年接受采访时说道，“他只是漫不经心地说：‘你考虑过这和老化有关吗？’我说：‘没有考虑过，但是老化是个废纸篓，’——当时是，如今在某种程度上仍然是——‘你无法解释的东西，都往里面扔。’”[156]

但是，海弗利克还是把曼森随口说出的建议带回实验室思考，越想越觉得它有价值。他的大量数据和几个月的观察结果，能支持的也就只有这个理论。而且，这让他不得不得出一个结论：他的方法没有

问题。有问题的是那种认为细胞在培养皿中能够永生的科学信念，那种信念可以追溯到近五十年前，追溯到卡雷尔与他的永生鸡心。确实，诸如威尔顿·厄尔的小鼠细胞和热伊的海拉细胞之类的癌细胞，已经在实验室中存活了好多年，而且看上去还会继续存活。但是，培养瓶中的正常非癌细胞并不会永生。它们会老化和死亡，就像人类一样。真相摆在眼前。

海弗利克思考了批评家们可能会异口同声提出的种种反对意见。确实，他没法解释为什么卡雷尔的鸡心组织能够存活几十年。但是，难道实验的可重复性不正是科学可信度的检验标准吗？没人成功重复过卡雷尔的实验。原因就在于——他现在对此越来越确定——那项实验本来就无法重复。

还有WI—1的问题。WI—1是他在1959年9月建立的第一个细胞系。它在六个月后仍然很强健，还在很有活力地分裂。但是，在1960年这个萧索的冬季，他几乎确信这种情况能够得到解释：WI—1是一个特别顽强、持久的细胞系，但并不能永生。他可以打赌，这个细胞系迟早会死亡。

在这个节点上，有两个不起眼却重要的术语问题需要说明；它们都会对故事的推进产生影响。第一个问题与胎儿成纤维细胞培养瓶平放孵化时，瓶中发生的实际情况有关。取来底部已经覆盖了细胞的培养瓶，将细胞分成两半，其中一半转移到相同尺寸的新瓶中，那么似乎可以这样推断：在两个培养瓶的底部都覆盖满细胞时，最初那个培养瓶（最初的培养瓶通常称为“母瓶”，新瓶称为“子瓶”）里的每个细胞都分裂了一次。然而，这个推断可能是错的。

就像人一样，不同细胞活力不同。有些细胞分裂较慢，有些则更快速。所以，在一段确定的时间内，有些细胞的分裂次数会比其他细胞少，有些细胞或许完全没分裂。也就是说，在两个培养瓶的底部都最终覆盖满细胞时，只能推断：母瓶中最初的细胞数量翻了一番。因为细胞现在覆盖的面积是最初的两倍。

这也就是为什么生物学家不说个体细胞翻番，也不说“这些细胞现在数量翻了五倍”的原因。他们使用的是“群体倍增数”（population doubling level）这个术语，缩写为“PDL”。考虑到个体细胞的固有变异性，只有这个术语才准确。

第二个可能令人不解的术语问题是：生物学家将汇合的培养细胞分离，将部分细胞放进一个或多个新瓶中，这称为“传代”，因为细胞从一个培养瓶“传”到另一个培养瓶。然而，科学家经常将“传代”这个

术语当作群体倍增的同义词。当且仅当在以下条件下，这种用法才是准确的：在传代培养中，半数细胞放入与母瓶大小相同的单个子瓶中。这叫作2:1分离。

然而，细胞可以放进任何数量的新瓶中。例如，如果从母瓶中汇合的细胞中分离出3/4，平均放入三个相同大小的子瓶，再让四个培养瓶中的细胞再次生长到汇合，那么显然原有的细胞数量就翻了四倍。但是，这个过程仅为一次“传代”，因为细胞只被“传”到新瓶中一次。“传代”和“群体倍增数”这两个术语会在本书中互换使用，原因仅仅在于，在本书所涉及的实验中，细胞都是按照惯例进行2:1分离的。

1960年冬末春初，美国食品药品监督管理局批准了世界上第一种获得官方许可的口服避孕药。宾大准备启用新建的女生宿舍楼。在对华盛顿特区的报纸编辑演说时，信仰罗马天主教的民主党总统候选人约翰·肯尼迪宣布：“我的宗教信仰，在1960这个关键的年份，算不上我们时代的主要问题。”[157]

海弗利克家最近才搬到树木葱茏的郊区温尼伍德，住进一所简朴的三室砖房里，温尼伍德在费城西北部，紧挨着费城时髦的干线区域。街对面是广阔的小山公园，海弗利克家的孩子在那儿一玩就是几个小时，捉迷藏，在小溪里抓青蛙，荡秋千。海弗利克夫妇很快会布置好第四间卧室，来容纳他们人丁越发兴旺的家庭：女儿蕾切尔和安妮分别出生于1963和1965年。

那年夏天和秋天，海弗利克的胎儿细胞继续老化和死亡。他将细胞分裂减慢和停止，以及细胞衰退和最终死亡的阶段，称为第三阶段。他绞尽脑汁，想搞清楚如何证明导致细胞死亡的是细胞的内在特性，而不是环境因素。海弗利克在加尔维斯顿的同事和朋友、染色体专家保罗·穆尔黑德，此时已来到威斯塔研究所。在2012年接受采访时，穆尔黑德回忆说，正是他提议进行那项简单却奏效的实验。[158]

穆尔黑德在威斯塔研究所的实验室只是三楼上的一个小隔间，这说明了他作为博士后的低下地位。但是，这位来自阿肯色州的染色体迷却拥有顶级的器材：一台由赖歇特公司制造的蔡斯耶拿显微镜，这是能够买到的最好的显微镜。他探在显微镜结实的黑色底座上，双眼放在目镜上，以800倍的放大倍数观察染色体。

差不多就在美国选民选出43岁的肯尼迪来替代70岁的德怀特·艾森豪威尔时，海弗利克将最老和最新的胎儿细胞系混合起来。前者是现在已经老化的WI—1细胞，这些细胞正如他所料，在持续分裂11个

月后，已经在夏末停止了分裂。它们现在处于第三阶段，仍然活着，仍然在代谢，但是速度特别慢。它们在培养瓶里被分离了49次，如果用尽全力，或许还能再分裂一两次。但是，它们基本上走到头了。

海弗利克往这些WI—1细胞中加入了年轻的WI—25细胞。WI—25细胞是他在几周前开始培养的，现在正旺盛地增殖。他认为，它们能够在未来几个月里继续旺盛地增殖，因为它们才被分离过13次。海弗利克将新老细胞混放进同一个瓶中，使用相同的培养基培养。[159]

穆尔黑德的办法基于这样一个事实，即两组细胞除了生长时间不同以外，还有一个独特的差异。WI—1细胞来自男性胎儿，因此有一条X染色体和一条Y染色体。WI—25细胞来自女性胎儿，因此有两条X染色体。熟练的穆尔黑德可以通过显微镜识别两种染色体。

在细胞生长了约两个月，被分离17次后，海弗利克将两种细胞的混合物交给穆尔黑德。这位阿肯色州的专家仔细地准备好细胞，将染色体着色、散开，让它们能够分别可见，而不是缠绕在一起。然后，他放大几百倍研究它们。他几乎只看到X染色体。更年轻的女性细胞，现在总计已经分裂约30次，正旺盛地生长着。至于Y染色体，穆尔黑德只发现了极少数。男性细胞在混合实验开始时就已经老化，现在已经消失。它们都死亡了。

这项混合实验解决了问题。如果杀死细胞的元凶存在于培养瓶或培养基中，或者在于其他技术失误，那么所有细胞都应该受到影响，都应该死亡。而且，正如海弗利克和穆尔黑德在论文中风趣地写道的：“如果罪魁祸首是某种潜藏的病毒……那么它似乎不太可能区别对待男性细胞和女性细胞。”[160]这篇论文被引用得十分频繁，将会成为引用经典。

海弗利克现在可以满怀信心地断言，他亲眼观察到许多次的现象是细胞内在的某种因素造成的。细胞内在的某种因素造成了细胞死亡。诚然，他建立的最后一个细胞系WI—25仍然在分裂，就和其他几个更晚建立的细胞系一样。但是，他现在确定，这些细胞也会放缓分裂、停止增殖，最终退化和死亡。他建立的25个细胞系中没有哪一个会永生。

海弗利克32岁，在他想进入的顶尖生物学家的高尚圈子里几乎毫无名声。他要做一个大胆的断言。这个断言将挑战五十年来的公认观点，还会挑战诺贝尔奖得主卡雷尔。这个断言就是，正常细胞在培养皿中会老化，并且最终会死亡。海弗利克很紧张。而且，当时最受尊敬的细胞生物学家向他发出了警告，这也让他信心不那么足。海拉细

胞的天才培养者乔治·热伊造访威斯塔研究所，海弗利克将新发现告诉了他。在2012年接受采访时，海弗利克回忆了热伊当时的反应："要小心，莱尼。你会毁掉自己的职业生涯。"[161]

热伊大错特错。海弗利克的发现终有一天会让他出名，让他成为打开新领域——细胞老化研究——大门的名人。对于我们今天极其关注的两个健康话题——老化和癌症而言，这个领域尤其重要。不过，海弗利克要得到认同，还有很长的路要走。

怎么解释亚历克西·卡雷尔的正常鸡心细胞呢？它们从1912年被培养出来开始，一直在忠实地增殖，直到1946年被卡雷尔的同事埃贝林丢弃。几年后，在1960年代，海弗利克在一次学术会议上做完报告后，一位在1930年代给卡雷尔当技术员的妇女找到了他。在报告中，海弗利克推测卡雷尔的方法有致命的缺陷。卡雷尔和技术员从鸡胚中提取出来一种液体，在鸡心细胞长满现有培养皿、需要分离时，用这种液体将它们"黏"在新培养皿底部。海弗利克认为这种液体有很大问题。这种提取自鸡胚的液体还被每天喂给鸡心细胞。在这之前，卡雷尔和技术员会用一台老旧的离心机处理液体，目的是移除细胞，只留下有营养的液体。海弗利克认为，无论卡雷尔是否知晓，这种液体提取物其实包含了来自鸡胚的零散新鲜细胞；也就是说，培养物能够存活几十年，是因为经常有这些年轻的新细胞补充进去。那位妇女告诉海弗利克，他推断得丝毫不差。她说，她在1930年代向卡雷尔的技术主管提出过问题，暗示会出现这种情况。技术主管让她忘记自己看到的东西，不然会丢掉工作。在大萧条期间，她可不愿意失业。[162]

1960年秋，海弗利克表现出了高度的效率、能量和雄心。在他和穆尔黑德进行男性细胞和女性细胞的混合实验时，他还使用新的人胎细胞，研发出一种史无前例的脊髓灰质炎疫苗——这点后面还会详述——同时还进行了好几项研究。他知道这些研究至关重要，能够让自己和穆尔黑德正在合作的那篇里程碑式的论文被成功接受。

（差不多也在这个时候，海弗利克还与人合作，发现了游走性肺炎的病因。罪魁祸首是一种支原体，就是他在读研时研究的那种微生物。肺炎支原体是人们最先发现的会引发人体疾病的支原体，《纽约时报》在头版头条的显著位置报道了这项发现。）[163]

那篇论文大胆地假设，培养瓶中细胞的死亡是"细胞水平［老化］"的结果。[164]论文还提出一个概念，这个概念后来称为"海弗利克极限"，即正常细胞在培养基中能够分裂的最大次数。基于他从25个胎儿细胞系中得到的数据，海弗利克估计这个最大次数为50，上下浮动为10。重要的是，冷冻处理细胞并不会影响海弗利克极限。例

如，海弗利克将部分仅分裂了9次的WI—1细胞冷冻起来，几个月后将它们解冻，放进孵化室里，它们会再次开始分裂，而且似乎“记得”自己的年龄，在五个月里又分裂了41次后在培养瓶中死亡。细胞会在解冻后再次开始分裂，这一事实意味着将适当数量的细胞在年轻时冷冻起来，可以确保未来的细胞供应几乎无穷无尽。

但是，什么实际用途需要无穷无尽的细胞供应呢？海弗利克的研究工作对公众健康的巨大和持久影响，就在于这个问题的答案。因为在他与穆尔黑德合作的那篇突破性论文中，海弗利克不仅仅攻击了正常细胞永生的传统观点，他还暗示，他的新细胞可以为疫苗制备作出巨大贡献。[165]他已经做了实验，要证明这一点。

1960年，研制新的病毒疫苗是病毒学家的当务之急，而得益于之前二十年的技术突破，这个目标明显触手可及。与脊髓灰质炎的抗争——大家都还记忆犹新——就证明了这一点。脊髓灰质炎就像今天的埃博拉一样，是一种令人恐惧的疾病。但是，从1955年乔纳斯·索尔克发明灭活疫苗后不到五年，脊髓灰质炎成了一种可预防的疾病。而且，逐渐清晰的是，在未来一两年内，一种更强、更持久的脊髓灰质炎活疫苗会得到美国监管者的批准。

此时，研发其他病毒性疾病疫苗的可能性正在向科学家招手。麻疹、腮腺炎、风疹（也称为德国麻疹）是常见的儿童疾病。肝炎少见一些，但是病症很严重。对于免疫系统弱的儿童来说，水痘也很可怕。风疹和肝炎等疾病的疫苗还无法研制，因为它们的病毒还未在实验室中捕获。有些疾病，如麻疹和腮腺炎，病毒已经分离出来，科学家正忙着研发疫苗。美国政府很快投入财力、人力，确保新疫苗得以投入使用。1962年，约翰·肯尼迪总统签署《疫苗接种援助法案》，让传染疾病中心能够支持群众免疫计划和正在进行的疫苗维持计划，能够将疫苗专项资金和资源直接输送给州和地方层面的卫生部门。

新研发的疫苗遇到了挑战，现有的疫苗也遇到了令人恼火的问题。在当时已有的两种狂犬病疫苗中，一种使用干燥的动物脑制备，它会造成致命的过敏反应；一种使用鸭胚制备，它则不如前一种有效。此外，在用来制备索尔克脊髓灰质炎疫苗的猴肾细胞中，还发现了一种潜藏的猿猴病毒。1960年秋，海弗利克在写作论文时，并不像公众那样对猿猴病毒的问题毫不知情，而是十分清楚。

海弗利克没有忘记，他的人胎细胞或许可以作为洁净、安全的微型工厂来研制病毒疫苗，前提是它们能够被致病的病毒感染，这个前提很重要。只有一种方法能够确定它们能否被感染。海弗利克开始用不同病毒来感染WI细胞。结果，它们对于病毒十分敏感：31种病毒

侵入并对它们造成了损害。这些病毒包括麻疹、狂犬病、单纯性疱疹、腺病毒、流感和脊髓灰质炎病毒。WI细胞甚至抵抗不了水痘病毒，这种病毒既会造成水痘，也会造成带状疱疹，但是在选择细胞宿主时却极其挑剔。[166]

至少在海弗利克看来，这项实验的意义令人激动。公众和科学界越来越关注抗病毒疫苗的研制。在这个时间点，研发一种安全、充足的新细胞来用于疫苗研制，是巨大的进步。但是，海弗利克也知道，要说服疫苗管理机构相信WI细胞的安全性十分不易。毕竟，还未被识别的潜藏病毒可能致癌这一假设正是癌症研究的一个热门。疫苗审批机构需要确保，人胎细胞中没有潜藏着这类还未识别的病毒。如果这类病毒有可能进入疫苗，使接种者患上癌症，审批机构就会迅速否决海弗利克的细胞。

海弗利克在显微镜下反复检查了他的二十多个细胞系，没有发现病毒感染的迹象。他将这些细胞的液体注射到其他类型细胞的培养基中，还注射到动物体内。细胞和动物都没有感染的迹象。[167]

随后，他再次请穆尔黑德仔细检查那些细胞的染色体。肿瘤细胞的染色体几乎都会出现形状异常，还有数目异常。如果WI细胞系出现这类异常现象，也意味着它们得不到监管者的批准。他们会这样想：染色体异常的胎儿细胞，要么是癌细胞，要么很快会变成癌细胞。如果真是这样，就十分有可能是某种潜藏的病毒引起了细胞的癌化。如果细胞中潜藏着某种致癌病毒，而细胞又被用于制备疫苗，那就等着癌症流行病爆发吧。

海弗利克等待着，穆尔黑德一个挨一个观察那些胎儿细胞的样本，辛苦地为染色体计数。他一个小时接一个小时，一周接一周地观察。他观察只分裂过9次的年轻细胞，也慎重地观察分裂了40次的年老细胞。因为染色体在细胞分裂过程中特别容易出现与癌症相关的异常，所以那些年老的细胞，由于分裂次数更多，出现异常的风险就更大。

1960年秋，穆尔黑德在工作数周后终于抬起头来，告诉海弗利克一个好消息：这些细胞，无论年轻还是年老，都是正常细胞，没有异常的。它们都是二倍体细胞，有23对染色体，也就是说染色体总数是正常的、令人安心的46条。海弗利克将这些细胞命名为“人二倍体细胞株”。海弗利克特别慎重地用“细胞株”这个词替换“细胞系”。在他的术语中，“系”指的是一批会无尽分裂的细胞，而“株”则指的是一批会死亡的细胞，它们会达到海弗利克极限，然后死亡。

海弗利克现在拥有令人安心的染色体数据，穆尔黑德用惹人瞩目的照片为这些数据提供了证据：照片上是几个WI细胞系的染色体，整齐地排成23对，都标有序号。但是，海弗利克并未就此停止收集能够证明WI细胞的安全性的证据。他将在附近西点的默克公司工作的科学家朋友安东尼·吉拉尔迪招募来，以仓鼠做了一项重要实验，旨在说服监管者这些细胞不会致癌。

仓鼠两个的大颊囊没有正常的免疫机制，无法抵抗包括癌细胞在内的外来入侵者。这让它们对生物学家颇有用处。生物学家已经通过实验证明，癌细胞注射进仓鼠的颊囊后，会形成不断增大的肿瘤。吉拉尔迪将旺盛生长的WI—25细胞注射进仓鼠的颊囊。如果那些细胞有致癌的特性，那么它们在仓鼠颊囊里生长几周，就足以让仓鼠患上癌症。作为对比，吉拉尔迪还向控制组仓鼠的颊囊里注射了会迅速致癌的海拉细胞。[168]

注射了海拉细胞的仓鼠颊囊里长出了肿瘤，三周后这些肿瘤仍然在生长。注射了WI—25细胞的仓鼠一只也没有长肿瘤。[169]这些发现令人安心，但是在海弗利克看来，仍然不足以消除监管者可能会有的顾虑。仓鼠毕竟不是人。他决定把那些细胞注射到人体内。

海弗利克相信，这项实验风险很小。他知道，几年前知名癌症专家切斯特·索瑟姆就从人胎中取得在显微镜下正常的细胞——与海弗利克的胎儿细胞同属成纤维细胞——注射到三名他称为“志愿者”的临终癌症患者皮下。索瑟姆是纽约市著名的纪念斯隆-凯特琳癌症中心病毒学部门的主任，他报告说，不同于同时注射进相同患者体内的癌细胞，胎儿细胞在临终患者的体内并未生长。[170]

索瑟姆在医学伦理学家那里声名狼藉，他的多项研究，包括将具有攻击性的癌细胞注射给俄亥俄州立监狱里的健康囚犯，最终在1963年引起公众的强烈抗议。那年，纽约布鲁克林的犹太慢性病医院的三位医生宁愿辞职以示抗议，也不愿意为索瑟姆工作，向无戒备心的患者注射癌细胞。[171]他们的辞职引发了诉讼、州检察长的调查，以及媒体的竞相报道，既加速也反映了公众观念的改变。索瑟姆最终被纽约的医疗许可管理机构停业察看一年。医疗机构里的许多人都相信他没有做错，所以在察看期满后不久，他当选美国癌症研究协会主席。[172]但是，到了1960年代中期，普通人越来越不愿意给予科学家绝对的自主权，让他们打着“相信我，我知道什么对你们才最好”的幌子来摆弄人类。

1957年的情况不是这样。那年，美国顶尖科学期刊《科学》报道了索瑟姆将正常胎儿细胞和癌细胞注射给临终癌症患者的研究。参加

实验的临终患者什么也得不到，他们都是被医生征募参加的，而医生却能够因患者参加实验而获得许多东西。可以将这些患者称为“志愿者”的观念，在当时为人们所接受。让这些患者冒风险的做法，也为人们所接受。索瑟姆在《科学》上发表文章时就是这样暗示的，说他们“患有不可治愈的晚期癌症，预期寿命特别短”。[173]所以，海弗利克和穆尔黑德计划将自己的人胎细胞注射给临终的癌症患者时，觉得自己不仅没有做错，还是在跟随科学界名人的步伐。实际上，他们在论文中称，是索瑟姆的实验为他们的工作奠定了基础。[174]

所以，他们去找癌症外科专家罗伯特·拉夫丁——宾大医院颇有影响力的外科主任伊西多·施瓦纳·拉夫丁的儿子——帮忙将那些二倍体细胞注射给临终的癌症患者。他当时的一句评论说明他对于这种做法可能毫不内疚。1964年，在切斯特·索瑟姆受到公众抨击时，罗伯特·拉夫丁为索瑟姆辩护，他对记者说，如果人类实验中的每名受试者都需要充分知情，那么每个人都需要拥有博士学位。[175]

小拉夫丁干劲十足——他就算不是宾大医院的国王，也是王子——他做了外科医生会做的事情。他将这项任务分配给了工作两年的外科住院医生威廉·埃尔金斯。埃尔金斯28岁，背景无可挑剔：本科就读于普林斯顿大学，后在哈佛大学医学院深造。但是，作为宾大医院的外科住院医生，他渐渐认识到自己不适合手术室这一工作繁重、由睾丸酮驱动的世界。他想做科学研究。次年，他将去威斯塔研究所，开始在移植免疫学领域的长期研究生涯。[176]1960年感恩节将近时，他仍然在外科病房辛苦工作。也就是在此时，他被老板小拉夫丁分配了一件技术含量不高的杂活：将威斯塔研究所科学家带来的一些胎儿细胞注射给几名临终患者。

那些患者对这项实验是否知情？是在什么时候知情的？怎么知情的？他们对于实验和实验目的理解多少？这些信息我们都不清楚。在五十多年后回忆起这些事情时，海弗利克和埃尔金斯推测，拉夫丁去见过那些患者，向他们解释过实验。然而，1960年代中期，人们发现在那个时代进行的几十项研究中，患者们都不知道自己是受试者。这样看来，海弗利克实验中的患者也有可能不知情。

海弗利克选择WI—1细胞来注射。这些细胞不年轻，这正合他意。如果WI细胞会逐渐癌变，那么这些较老的细胞最有可能癌变。反过来，如果这些较老的细胞没有癌变，那么整个实验就更能证明WI细胞是正常细胞。

海弗利克给了埃尔金斯两批WI—1细胞。这些细胞是他自己培养的，冷冻了几个月后解冻，又培养了一段时间。一批细胞已经分裂37

次。另外那批更老，已经分裂了45次。[177]如果其中含有任何癌细胞，癌细胞就会在注射处形成肿瘤。对肿瘤进行活组织检查，会在显微镜下看到大量有癌变迹象的细胞在生长。

1960年末的一天，埃尔金斯把装着细针头的注射器摆在托盘上，旁边放着装无菌盐水的试管。每盎司盐溶液含有1.77亿个活体WI—1细胞。随后，他端着托盘朝外科病房走去。

埃尔金斯走到一位临终的癌症患者跟前，将他的前臂翻过来，露出较柔软的内侧。他用消毒棉球擦拭完患者前臂的皮肤，朝托盘转过身去。他用注射器抽取半毫升溶液——不足2%盎司，却含有300万个WI—1细胞——慢慢地将针头扎入患者的皮肤，推动活塞。接着，他用记号笔在注射处周围画了个圈。他告诉患者，他会回来查看结果。[178]

在海弗利克和穆尔黑德那篇里程碑式的论文中，包括这位患者在内的6位受试者只有姓名的首字母。论文中有一个表格描述他们接受的注射和实验结果。[179]

第一位患者的癌症已经扩散到他或者她的整个腹部。当时的医生只是在缓解症状，并没有尝试治疗癌症。这位患者接受注射后，注射处出现了一个结节，或者说肿块，但是6天后就消失了。海弗利克和穆尔黑德并未对那个结节进行活组织检查，未用显微镜观察它的细胞。

有三位患者乳腺癌已经扩散。她们服用的药物会抑制免疫系统，如果WI—1细胞是癌细胞，那么她们抵抗WI—1细胞的能力就会不足。一位患者的注射处在第7天出现轻微的纤维硬化；她在第8天去世。对她的注射处进行活组织检查，未发现WI—1细胞，也未发现其他异常情况。还有一位患者的注射处在第6天出现结节，在第10天消失，再过4天这位患者去世。也没有对她做活组织检查。第三位乳腺癌患者的注射处没有出现结节。但是，海弗利克和穆尔黑德对她的注射处进行了活组织检查，结果为阴性。

另外两位患者分别患有肺癌和结肠癌。癌症已经扩散到全身，他们在做化疗。一位患者在第6天长出一个小结节。活组织检查未发现WI—1细胞，正常的和癌变的都没有。至于另外那位患者，论文只说注射处在9天后没有变化，也没有进行活组织检查。

总的来看，实验结果令人安心：4位患者长出的结节中，有3个逐渐消失，剩下的那个通过活组织检查，未发现任何类型的细胞。另外

两位患者的注射处未出现结节。

到1962年夏，还会有11位临终的癌症患者注射海弗利克的细胞，受试者总数将增加到17位。海弗利克及其他科学家在1962年7月向世界卫生组织提交的报告中表示，细胞被“移植到17位临终的癌症患者身上”。同样，部分患者身上出现的结节在10天内消失了，活组织检查也未发现任何活细胞。[180]来自这17位匿名患者的实验结果是一个重要的基础，海弗利克在数十年的时间里在此基础上，无数次证明人二倍体细胞是正常细胞，不会致癌。

对海弗利克而言，埃尔金斯负责的注射实验为18个月来的辛苦试错工作收了尾。这18个月的工作，不仅测试了海弗利克的科学思维和机敏程度，还考验了他与穆尔黑德完成重复、单调任务的能力和细致观察的能力。就他自己所知，他建立的那种细胞系是第一种被证明为正常，并且在实验室中培养时确定能够保持正常的细胞系。它们能够生长数月，同时仍然可靠地保持染色体的二倍体数目，即46条。而且，那些染色体在被穆尔黑德放在显微镜下仔细检查时也显得很正常：他的二倍体细胞中没有那种预示癌症的断裂、杂乱、磨损等结构奇怪的染色体。它们对仓鼠和人也不致癌。

而且，就像拥有46条染色体那样确定的是，这些二倍体细胞会老化，最终在培养基中逐渐死亡；它们只能够分裂50次左右。它们像血肉之躯一样终将死亡。他现在知道，细胞的正常性和它们不可避免的死亡，这两种观测结果密切相关。

他的发现可以总结为：

正常的（二倍体）染色体数目和形态＝在实验室中有限生长

几年后，他对这个观点作了进一步阐发：

正常的（二倍体）染色体数目和形态＝在实验室中有限生长←→相当于人体的正常细胞

异常的（异倍体）染色体数目和形态＝在实验室中无限生长←→相当于人体的癌症[181]

他这样写道：正常细胞只有获得了癌细胞的属性——无论是在实验室中，还是在活人体内——才能避免老化。[182][183]

海弗利克相信，他还创造了一种充满希望的工具，可以用于抗击感染性疾病。他已经证实，他的二倍体细胞能够被数十种致病的病毒

感染，这让它们成为近乎完美的病毒疫苗工厂。它们看上去很洁净，不携带会吓退监管者的潜藏、未知病毒，它们能够被生产，随后被冷冻、解冻，几乎无限增殖以用于制备疫苗。

对一位年轻的科学家和他的染色体专家同事而言，这篇写完时长达35页的论文似乎十分值得骄傲。他很清楚要把它发表在哪里。

1960年代，对雄心勃勃的年轻科学家而言，《实验医学期刊》是一个令人羡慕的论文发表处。这份期刊由美国医学研究巨人威廉·韦尔奇创办，已经有六十五年的历史，这对于年轻的美国学界可算是历史相当悠久了。很多伟大的生物学家都在该刊发表过文章。它还刊登过卡雷尔在1912年发表的那篇关于跳动的鸡心的文章，照顾得当的细胞在培养瓶中能够无限存活的观点，就是通过该文得以确立的。出版这份期刊的正是在当时算得上顶尖的美国研究机构——位于纽约市的洛克菲勒研究所。在那里，佩顿·劳斯主编这份期刊。

五十年前，一位科学家发现，从鸡的肉瘤——一种恶性的结缔组织肿瘤——中提取液体，用超细过滤器过滤后，注射到健康鸡体内，健康鸡患上了同样的肿瘤。[184]他当时假设，是一种分离自肿瘤细胞的“介质”引发了肉瘤；自那以后，这种“介质”就被命名为劳斯肉瘤病毒。1950年代，病毒可能致癌的观念复兴，劳斯名望大增。1966年，他在发表那篇开创性论文五十五年后，获得诺贝尔奖。

在邮寄篇幅庞大的论文稿和用光面纸打印的论文配图前，海弗利克做了两件事。根据穆尔黑德的说法，海弗利克向穆尔黑德提议，用抛硬币的方法来决定谁署名第一作者。穆尔黑德回忆说，他拒绝了这个提议，他说大部分工作都是海弗利克完成的，所以第一作者这个有声望的位置理应给海弗利克。[185]

海弗利克还把他的发现呈给科普罗夫斯基。他简要地向他的老板介绍，许多致病的病毒都能感染那些二倍体细胞，它们可以用来制备疫苗。他告诉科普罗夫斯基，那些细胞染色体数目正常，没有癌变。他还大胆地声称，他那篇认为培养皿中的细胞会老化并最终死亡的论文会取得成功。这篇文章将使卡雷尔的“永生”鸡心细胞受到质疑，颠覆几十年来公认的观念。2014年接受采访时，海弗利克回忆了科普罗夫斯基当时的话：“接下来你要告诉我的就是，你的这些肺细胞在呼吸了！”[186]

但是，这位年轻的科学家邀请他的老板也在论文上署名。和现在一样常见的是，无论所做的与论文相关的工作实际上多么少，大老板都会在论文上署名。科普罗夫斯基表示反对。他说得很清楚：海弗利

克和穆尔黑德可以自己署名那篇论文，同时也要自己承担蛮勇带来的后果。但是，他也同意帮他们一个忙，替他们草拟并签写一封投稿信给劳斯。

海弗利克将论文和投稿信寄出去，开始等待回复。这等待似乎永无止境，他不停地与自我质疑斗争。他是一个不知名的新手，无论他的数据多么漂亮，也总是会有人拒绝承认他，说他行为越轨。热伊的警告萦绕在他心头。他真的会毁掉自己的职业生涯吗？

随后，他遇到了一个能够让自己平静下来的机会。庞大的美国实验生物学联合会正在不远的新泽西州大西洋城召开1961年的年会。4月中旬，1.2万名生物学家住进那些建于镀金时代的酒店，如谢尔本酒店和莫尔伯勒-布莱尼姆酒店，参加各种活动，比如说在特雷默尔酒店的天际线露台举办的“甲状腺吸烟者”。在这个海边度假胜地举办的近3000场讲座中，西奥多·“特德”·普克的那场是听众最多的之一。

普克是细胞培养领域中一位有威信、有影响力的人物。他在科罗拉多州工作，曾经使用成人志愿者的皮肤样本和手术废弃组织培养出正常人细胞。然而，在1958年关于这项成果的论文中，普克和他的合著者蒋有兴并未提及细胞逐渐停止生长。他们在论文中称，那些细胞自建立始，已经复制了几十次，仍然在活跃地分裂。[187]他们暗示那些细胞在无限地分裂。

普克是诺贝尔奖得主级别的生物学家，人们遇到如何最有效地使用培养皿培养细胞方面的问题时，总是求助于他。大家都知道，他在培养程序上十分谨慎，还独立测试培养基的成分，排除污染。（海弗利克曾经从他那里购买培养基材料，直接使用。）此外，普克是公认的杰出科学家，也是卓越的细胞培养专家。他怎么会没有察觉到细胞老化这么基础，而且反复在眼前发生的事情？

海弗利克特别想问普克一个问题，大西洋城会议给了他机会。他只需要鼓起勇气提问。在2012年接受采访时，海弗利克回忆普克在一个拥挤的大厅里做讲座。他觉得普克气势很强，同时他又觉得害怕。他鼓足勇气举起手，普克让他提问。[188]

海弗利克问普克，他的正常人细胞是否出现过这种情况，即尽管他勉力保证培养基的每种成分都刚刚好，细胞依然会停止分裂并死亡。噢，当然有，普克回答道。这种情况偶尔会发生，但不是大问题。他会去冷柜再解冻一支安瓿。这些就是海弗利克需要听到的全部答案。他当时就明白了，普克观察到了细胞在培养基中老化和死亡，但是并没有看出问题。

海弗利克信心满满地回到费城。这是件好事，因为十天后，1961年4月24日，佩顿·劳斯给科普罗夫斯基写信，终于回应了海弗利克和穆尔黑德合著的论文。他的言辞令人不安。他先就自己在春天因忙着开会而让两位年轻人久等致歉，之后说他和三位编辑阅读并讨论了论文稿。他们认为，论文不仅对《实验医学期刊》来说“太过专业”，而且结构糟糕且混乱，它囿于许多无关紧要的观察结果，如胎儿二倍体细胞容易被多种病毒感染。

至于作者说细胞会在培养瓶中老化和死亡，这种提议“显得十分草率”，劳斯写道，“过去五十年里，组织培养领域中最大的事实是：有内在增殖能力的细胞会无限地增殖”，前提是照料得当。

“话说得很重！”劳斯这样评价自己对海弗利克和穆尔黑德的抨击，“但我完全是出于好心才那样写的。”[189]

劳斯在1911年大胆提出病毒可能致癌时，就遭人忽视，有时甚至是贬低，他在五十年后又特别轻易地抨击了海弗利克对传统观念的大胆挑战。但是，海弗利克有着固执、坚决的骨气，丝毫没被吓倒。在收到劳斯拒稿信三周后，他将论文邮寄给不那么神圣，但仍然受人尊敬的期刊《实验细胞研究》。这份期刊立即接受并发表了它。

第六章　瑞典的资源

费城与斯德哥尔摩，1961—1962年

> 我相信生活是混沌的，混杂着意外、抱负、误解、勇敢的打算、慵懒的偶然，以及出乎意料的结果。但是，我也相信其中存在着种种关联，照亮我们的世界，揭示出世界的无穷奥秘和奇迹。
>
> ——戴维·马拉尼斯，美国作家和记者[190]

1961年年中的一天，威斯塔研究所的一台电冷柜坏了。按照海弗利克的说法，这台冷柜里存放着他冷冻的所有25个WI细胞系。事故发现得太晚，细胞全都损失掉了。要是在一年前，这会是一个重大挫折。但是，这时，它只是令人烦心而已。那些细胞已经产出了相关的数据；穆尔黑德已经用胶卷拍下了它们的染色体，染色体的数目都正常，值得称道；论文也已经写好、投稿，也被接受，会发表在1961年12月的《实验细胞研究》上。[191]而且，如果说海弗利克现在知道些什么，那么他刚好知道如何制作替代品。所以，这一天并不是世界末日，反而更像是新开始。

海弗利克已经坚信，正常人成纤维细胞能够用于改进疫苗的研制。在他看来，比起当时用来制备脊髓灰质炎疫苗（当时唯一一种预防常见病毒性疾病的疫苗）的那种昂贵的、有时感染了病毒的猴肾细胞，它们要优质得多。而且，这些人二倍体细胞能够被许多暂时没有疫苗或疫苗还在研制初期的病毒感染，这些常见的病毒包括麻疹、水痘，以及经常造成呼吸道感染的腺病毒。为什么不使用二倍体细胞来研制这些新疫苗呢？或许，他的胎儿成纤维细胞还能用于改良两种正在使用的狂犬病疫苗，一种以患狂犬病的兔子的脑和脊髓粉末制成，另一种以鸭胚制成。前一种疫苗可能有严重或致命的副作用，后一种有时不起效。[192]

海弗利克决定，要研制出一种人细胞株，如果一切顺利，这种细胞株可能成为疫苗研制的黄金标准。这种细胞株不再像他建立25个WI细胞株时那样，是一位探索科学家带着犹豫和好奇建立的，而是着眼于未来。这是一种以其由来而得到疫苗生产者支持的人二倍体细胞株：它没有病毒，没有癌症，数量巨大到不必担心用尽。

在他心里，这样黄金标准的细胞株有巨大优势，比如优于猴肾细胞——猴肾细胞要从源源不断的新猴肾中提取，每对新猴肾都可能含有病毒。这是因为用于培养脊髓灰质炎疫苗病毒的猴肾细胞是一次性的，只能从刚处死的猴子的肾脏提取。监管者不允许让它们在培养瓶里多次分裂、大量增殖，因为他们担心这些细胞经过多次分裂会癌变。所以，每年为了制备脊髓灰质炎疫苗，要进口和处死数万只猴子。[193]

相比之下，源自仅仅一对胎肺，进而获许进行复制的人细胞株，能够在一开始就确定为洁净安全的，从而没有后顾之忧地投入使用。更不用说，这种细胞便宜得多：仅仅需要一对胎肺。不断购买和处死猴子的昂贵做法可以停止了。

海弗利克没有再找宾大医院的妇科医生要第二十个胎儿。一来，他们是医生，对于街对面研究所里一位年轻生物学家的深奥项目不怎么感兴趣。二来，海弗利克知道自己现在需要的不仅仅是一个胎儿。他还需要这个胎儿父母的家族史。家族史必须很干净，疫苗生产者知道胎儿的父母都没有潜藏的感染性疾病或癌症，才会安心——这些东西会把疫苗生产者“吓个半死”，海弗利克在2012年的一次采访中说道。[194]对这种合作，他要在堕胎的上游找到一位懂疫苗制备，因而明白他研究项目的重要性的科学家。

斯文·加德是一位严肃的、轻声细语的高个子瑞典人，他从1959年1月开始在威斯塔研究所休假做研究八个月。他在研究所的实验室就在海弗利克实验室对面的隔壁。他工作时会将灯光调暗；海弗利克觉得，他这样做或许是因为他习惯了北欧漫长的冬天，较暗的灯光让他感觉更舒适。

灰色眼睛的加德睿智而有名望。他53岁，是病毒学界的领袖人物，学生对他既害怕，又敬佩。他是科普罗夫斯基经常聘到研究所来的那类有影响力的人物。诺贝尔生理学或医学奖由斯德哥尔摩著名的卡罗林斯卡学院颁发，加德作为卡罗林斯卡学院病毒学部门的主任，经常担任这个令人垂涎的奖项的评选委员会成员。他在1954年诺贝尔奖的评选中起了重要作用，那年的诺贝尔奖颁给了恩德斯及其同事，因为他们发现脊髓灰质炎病毒能够在许多类型的人细胞，而不仅仅是神经细胞中生长，从而开启了对脊髓灰质炎疫苗的探索。[195]

瑞典迫切要研发出自己的脊髓灰质炎疫苗，加德在其中扮演了重要角色。自主研发脊髓灰质炎疫苗之所以迫切，是因为瑞典人口分布广泛，有不少人从未接触过脊髓灰质炎病毒，没有抗体。这使得整个国家很容易发生脊髓灰质炎大流行。1950年代，瑞典是全世界脊髓灰

质炎发病率最高的地区。[196]

加德深信能够用人细胞来制备供人使用的疫苗。1952年，他去恩德斯在波士顿的实验室拜访，看到在人细胞中培养的脊髓灰质炎病毒，便受到了这种观念的影响。他一回到瑞典——自1938年以来，堕胎在瑞典就已经合法——便开始从斯德哥尔摩多家医院找来人胎，提取出细胞，研发瑞典的脊髓灰质炎疫苗。[197]不像六年后海弗利克所做的那样，加德的病毒学家团队并未尝试使人胎细胞在培养皿中不断增殖。他们一次性地使用胎儿的皮肤和肌肉细胞，用脊髓灰质炎病毒感染它们，然后提取含有病毒的、浸泡过细胞的液体。

胎儿的器官中，只有皮肤和肌肉足够大，可以给他们提供充足的细胞来研究。但是，他们还是发现自己辛苦培养的疫苗病毒，只有其他科学家使用猴肾细胞培养出来的1/10。尽管加德的团队进行过人体试验，给2000名儿童接种了用胎儿细胞制备的脊髓灰质炎疫苗，但是很明显，他们无法生产出足够的疫苗供700万人使用。[198]加德最终屈从，使用猴肾细胞来制备瑞典的疫苗。

为什么加德和他的团队不培养大量的人胎细胞，使它们在培养皿里增殖？“我们根本没有想到，”埃里克·吕克说道，1953年时他27岁，是一名医学博士生，在加德的团队工作，“我想只有海弗利克想到了这点。”[199]

瑞典人在1957年推出了他们用猴肾细胞制备的脊髓灰质炎疫苗。到1964年，脊髓灰质炎在瑞典几乎绝迹。按照加德后来的说法，他一直在没日没夜地“琢磨”脊髓灰质炎病毒研究。1959年1月，他终于抽出时间回复了科普罗夫斯基的邀请，答应去威斯塔研究所休学术假。他在那里见到了海弗利克。

海弗利克回忆，已经在1998年去世的加德当时偶然听到他抱怨从宾大医院妇科医生那里拿胎儿的过程很麻烦，而且他们还不懂他的目的，就主动告诉海弗利克，说未来如果需要胎儿的话，他在瑞典很容易获得。

大概早在1959年，海弗利克就开始利用加德的资源，不时地收到来自瑞典的胎儿或胎儿器官。运输所需时间并不是问题；在使用胎儿来做研究后不久，海弗利克就发现胎儿活组织能够在常温下存活五天。切碎了泡在培养基里的组织能存活更久，最长达到三周。[200]现在，在1961年，由于最早的25种WI细胞已经死亡，海弗利克再次求助那位严肃的瑞典人。

自1952年开始，伊娃·赫斯特伦就和斯文·加德是同事，他们在位于瑞典国家细菌学实验室大院子里的卡罗林斯卡学院病毒学部门工作。她几乎是在那里长大的。她的父亲乔舒亚·蒂尔格伦是斯德哥尔摩的一位著名医生，也在卡罗林斯卡学院病毒学部门工作。1943年夏，她17岁，父亲雇用她当实验室助理技术员。她此后一直在那里工作。到1950年代中期，她已经是加德的首席技术员。1961年，她仍然在职。

加德的实验室不在那栋由著名现代主义建筑家贡纳尔·阿斯隆朗德设计的优雅主楼里，而是在一栋二层的低矮黄砖附属建筑里，位于二楼的主侧厅。这栋看上去像临时建筑的楼房被戏称为“猴屋”，因为另一间侧厅里关着用于给脊髓灰质炎疫苗做安全性测试的非洲绿猴。公用冷柜放在猴子侧厅那扇有窗户的门外；每次有人往冷柜里放样本时，猴子就摇动笼子，喧闹起来。

不管环境是否简陋，赫斯特伦都喜欢给加德做首席技术员。加德关注自己的所有员工，在讲解科学成果时会邀请她和其他技术员，感谢每个人所做的贡献。但是，实验室的主人毫无疑问是他。工作极其严肃，没有欢乐时光，没有恶作剧，也不能开玩笑。她知道，她这辈子都会称加德为“教授”。

1961年4月24日清晨，赫斯特伦从实验楼外面的金属楼梯爬上二楼，得知会有一个胎儿送过来，她要将胎肺准备好，寄送到美国。

差不多十年前，在她才开始为加德工作时，加德一直在尝试用人细胞来制备脊髓灰质炎疫苗。当时，赫斯特伦处理过许多人类胎儿，甚至在学习如何熟练地从完整的妊娠牛子宫中抽取用于制备细胞培养基的羊水；这些牛子宫定期从斯德哥尔摩的屠宰场送过来。但是，在瑞典使用猴肾细胞来研发脊髓灰质炎疫苗后，这项与人类胎儿打交道的工作就停止了，直到最近加德开始叫她准备好组织，寄送到美国费城的一家研究所。

那天，她穿上白大褂，一辆汽车送来一个用绿色外科纱布包裹的小包，她便走进二楼中间的一个无菌室。她在窗户下面的洗手池里用消毒液洗了手，把器具摆出来，然后坐到光亮的漆布桌子旁；那张桌子是无菌室里唯一的家具。她打开了包裹。

里面的小胎儿漂亮极了，所有器官都已经长好。做这项工作，她有幸能够一瞥生命的产生。在拿起手术刀时，想到这点对她有些帮助。想到自己来自医生世家，也对她有些帮助。你得习惯。你将悲剧反转。你对自己说，至少在这种情况下，死亡还孕育着生命。[201]这

次的益处是什么，赫斯特伦并不知道。但是，如果加德教授说费城的科学家需要胎肺，那么她的任务就是确保他们收到胎肺。

那天在家中，赫斯特伦晚饭吃了驯鹿肉片，饭后缝补了她的冬季手套。在晚上9:30上床睡觉前，她在日记中写道：“从8:30工作到［下午5:00］。把组织寄去美国。心情不好。”[202]

那天早些时候，赫斯特伦将肺放到小试管中的培养基里，再将试管放到保温瓶中，最后把保温瓶打包放进垫着冰块的箱子里。此时，包裹已经在运往费城的路上了。

赫斯特伦在那个春日从胎儿体内解剖出来的肺，即使不是确定无疑，也很有可能成为海弗利克建立的下一个细胞株。（那时，海弗利克只用肺，因为肺很容易解剖，而且肺的成纤维细胞在培养基中似乎特别顽强。）也有可能，这两叶肺用不了。或许它们因运输延误在途中死亡，或许它们被不经意地感染了。因为赫斯特伦在日记中写道，过了不到一周，又往费城寄去了一个新胎儿的组织：“（中午）12点往美国寄去组织。花了整个早上来准备。”[203]

能够确定的是，到了1961年夏，海弗利克已经建立了他的第26个二倍体细胞株，使用的是一个在孕16周流产的男性胎儿的肺，由加德在瑞典的实验室寄至费城。等到那年10月，他拍摄了那些新的WI—26细胞在培养皿中被脊髓灰质炎病毒攻击的延时照片。[204]

海弗利克建立这个新的胎儿细胞株的时机很完美。他制备并冷冻了在他看来数量很大的成纤维细胞——大概200支安瓿，每支安瓿装有多达400万个细胞——之后不久他在12月发表了《人二倍体细胞的连续培养》，这篇论文向世界宣布，他发现了海弗利克极限，并培养出了25个正常胎儿细胞株。当然，读者并不知道那些细胞已经由于冷柜故障而死亡了。

这篇里程碑式的论文发表后，对他培养的人胎细胞的需求猛增。海弗利克已经证明，那些细胞能够感染数十种病毒，所以病毒学家们都热切地想得到细胞，用来做实验，研究病毒性疾病的特性。期望研制出抗病毒疫苗的公司也想要细胞。基础生物学家也需要它们，用来对培养皿中正常细胞的活动和行为进行各种研究。手里有了新的WI—26细胞，海弗利克已经准备好了。

很快他就开始把装着WI—26细胞的安瓿很随意地分给许多生物学家，病毒学家，以及想制备麻疹、腺病毒和脊髓灰质炎疫苗的公司。但是，让他失望的是，安瓿很快就分完了——这很尴尬，因为他

此前决意要实现足量供应。海弗利克没有预料到人们对细胞的需求如此之大。他要是事先预料到，或许会更加保守，每次只解冻一支安瓿，让瓶里的细胞在孵化室里生长几代，再将得到的数量大得多的细胞送出去。把安瓿送出去，就像送出谷种。

对WI—26细胞的“这种出乎意料和空前的需求”，他在威斯塔研究所的下一份双年报告中写道，导致库存“耗尽”。[205]

他需要再一次再次开始。他需要创造出一种人胎细胞株，能够充分满足目前这种对新正常二倍体细胞的貌似无穷尽的需求。幸好，加德继续信守诺言。这次海弗利克找加德要了一个女性胎儿。这样做的原因是，如果他分给全球各地实验室的那些男性WI—26细胞，在实验中由于操作人员疏忽而与新细胞混合在一起，那么在载玻片上观察细胞，就可以迅速发现问题：女性细胞株中不会存在Y染色体。

快速送去合适的胎儿，对加德来说并不容易。胎儿必须是女性。它必须足够大——大约三四周，这样它的肺才方便解剖、可以取出足够多的组织。而且，它还必须来自一个现在和以前都没有健康问题的女性。所以海弗利克耐心地等着。最终一个女性胎儿的肺从瑞典寄过来了。海弗利克沿用命名顺序，将接下来的这个女性肺细胞株命名为WI—27。WI—27建立后不久，海弗利克就将一批样本交给了穆尔黑德。穆尔黑德检查细胞后，回复他说，WI—27细胞的染色体存在异常。这或许无关紧要，但是疫苗生产商不能容忍“或许”，因为他们害怕用到会致癌的细胞。这个细胞株对于制备疫苗来说没有用处了。海弗利克只好又去找加德。

在这种时候，要是换成别的科学家，或许已经放弃，去做其他研究了。毕竟，获得正常人胎细胞的里程碑式工作已经完成了。海弗利克的方法现在已经发表，大家都可以看到。而且，他已经培养了相当大数量的WI—26细胞，供研究和商用。要是换成别的科学家，或许已经对同行和公司说，想要更多的正常细胞，就自己动手，只要熟练地操作和实践就行。但是，顽强、坚决、雄心勃勃的伦纳德·海弗利克绝不会这么想。他决心建立一个绝对持久的人二倍体细胞株。

除此以外，他现在还有一项新职责。1962年2月，在海弗利克看着自己的WI—26细胞库存迅速减少时，美国政府的医学研究机构，属于国家卫生研究院的国家癌症研究所，考虑到海弗利克的新品种细胞显然供不应求，于是与威斯塔研究所签订了合同。根据合同，威斯塔研究所——实际上也就是海弗利克——负责“人二倍体细胞的生产、特性保持和保存”，并负责将它们分发给所有具有资质的研究人员。[206]从1962年开始，威斯塔每年从国家癌症研究所收到至少12

万美元，这相当于2016年的100万美元，占威斯塔研究所收到的所有拨款和合同收入的10%。[207]

科普罗夫斯基的威斯塔研究所确实需要先支出一笔费用：1962年6月，研究所董事会批准了所长的申请，拨款8000美元翻新海弗利克的“新二倍体细胞实验室”，铺设了输电线，加装了空调，还安装了国家卫生研究院合同里未规定的管道系统。[208]他们认为这是一份大合同，肯定会带来足够大的回报。

合同的语言或许枯燥乏味，却很重要。它规定，合同终止时，“乙方同意，按照甲方要求的方式、时间和程度，将乙方研发、与本合同约定工作相关的所有数据、信息和材料，让与、授权和交付给政府”。[209]也就是说，尽管海弗利克是合同中新二倍体细胞的研发者，但是细胞的所有者却是政府；合同终止时，他必须将研发的所有细胞移交给国家癌症研究所，或存放在研究所指定的地方。（就细胞而言，私有细胞库经常充当细胞保管者。）

所以，出于新的合约职责，海弗利克在WI—27细胞失败后，又找加德要了一个女性胎儿。这次他仍然耐心地等待。

在WI—27细胞令人失望后，海弗利克又做了一个决定。他要改变下一个人二倍体细胞株的编号，因为有些科学家似乎很粗心，会混淆此前二倍体细胞株的编号。为了在WI—27细胞之后不再出现这种混淆，他把“2”增加为“3”，把“7”增加为“8”。他建立的下一个细胞株将称为WI—38。

1962年6月7日，天气晴朗而温暖，伊娃·厄恩霍尔姆准备去工作，她在斯德哥尔摩一家医院的女性门诊做妇产科医生。1962年，瑞典医学界的女性从业者并不多，37岁的厄恩霍尔姆算得上是冒险者。在还是医学生时，她由于对东方宗教有一定兴趣，便在1951年春就职于美国第八集团军的一所流动外科医院，在朝鲜战争的战火中工作，1953年她又跟着瑞典红十字会返回朝鲜。她从朝鲜回来时，带回她在战地医院手术室弯腰做手术的照片，还有穿着工作服、被许多孤儿围绕的照片，她看上去很开心。[210]

厄恩霍尔姆是个直率的女人，思维清晰，快人快语。不管人们是否喜欢她，是否喜欢她的观点，她都不在意；实际上，他们总是要么喜欢她，要么喜欢她的观点。她意气冲动，做事果断而有激情。此外，她也像海弗利克一样，不是一个可以轻易打发掉的人。她是一位技术娴熟的钢琴师，曾经坚持用施工电梯把大钢琴搬到她一年前开始居住的顶层豪华公寓里。

厄恩霍尔姆抛弃了此前对神经学的兴趣，转而学习妇产科，在1961年到医院工作时她是一位刚接受过训练的专家。在女性门诊，她与另一位年轻医生分担繁重的工作任务，监视产妇、接生婴儿、切除子宫肿瘤，并应妇女们的要求给她们做结扎手术。她也实施过堕胎手术。

厄恩霍尔姆做堕胎手术时并不轻松。第二年，即1963年，她告诉记者："原则上，我反对所有非医学原因的堕胎。"但是，她补充道："显然，在有些情况下，社会环境给出的理由很正当，让你没有其他选择。"[211]

在6月里这美好的一天，厄恩霍尔姆就面对着这样的情况。这位妇女三十来岁，在本书中，我们将称她为X太太。她的病史平淡无奇，只是小时候患过百日咳、麻疹和猩红热。真的，她仅有的问题就是，上次月经是在1月末来的。X太太解释说，她已经有了好几个小孩，丈夫是位工人，没什么钱，经常要去外地工作。他在家的时候也没有什么用：他是个心智不成熟的酒鬼，还坐过牢。

厄恩霍尔姆拿出听诊器，在X太太的胸口听了片刻。X太太的心肺都很清晰，适合做手术。厄恩霍尔姆把手放在X太太柔软的腹部。X太太确认，在厄恩霍尔姆按压时没有痛感。接下来是马镫形腿架和坚硬的金属扩张器。这不太舒适，但是没办法；必须确认患者已经怀孕。厄恩霍尔姆观察到，X太太的宫颈呈淡蓝色，这能够说明她怀孕了。经过问诊和观察，厄恩霍尔姆诊断，X太太孕十六七周。她在病历上写道："流产适应证：周身无力。"随后她又补充了X太太的家庭情况。

堕胎在一百年前的瑞典要判死刑，但是在1938年已经合法化。当年生效的法律规定，女性在三种情况下可以堕胎：因强奸或乱伦而怀孕的；分娩会造成"疾病"或"虚弱"，严重危及母亲生命或健康的；以及出于"优生"原因，也就是说父亲或母亲可能将严重的遗传学疾病传给孩子的。（在这种情况下，妇女必须同意在堕胎时绝育。）1946年，法律变得稍微宽松了，它将母亲"预期的虚弱"列为可以接受堕胎手术的情况之一，即鉴于母亲现在的生活状况和环境，生下并养育这个孩子将使她的健康状况严重恶化。[212]

然而，实际上，1962年在瑞典做堕胎手术，说起来简单，做起来却难得多。想堕胎的女性有两个选择。她可以向皇家医学委员会提出申请，该委员会替政府管理堕胎审批，在斯德哥尔摩一栋建于19世纪的宏伟大楼里办公。（这栋大楼纪念的是瑞典国王奥斯卡一世，他是瑞典科学院的荣誉成员，也是一位多产的父亲，他有八个孩子，其中

三个是由情妇所生。）

除此以外，她还可以尝试说服两位医生自己需要终止妊娠。其中一位通常是心理医生，另外一位是做手术的外科医生。大多数瑞典医生都反对堕胎，拒绝帮助女性获得批准，数以千计的女性只好将申请递交到工作流程缓慢的皇家医学委员会，堕胎经常被推迟到妊娠中三月。

X太太想终止妊娠的那个时期，正好是对想堕胎的瑞典女性来说最糟糕的时期。1951年，瑞典医学会采纳了第五条伦理规定，这条规定要求医生“在履行保护和拯救人类生命的职责时，将母亲子宫内的胎儿也视为生命”。[213]第二年，在针对是否要取消1946年那种法律宽松化的辩论中，瑞典医学会主席说，堕胎等同于谋杀儿童。[214]从那以后，瑞典的堕胎率明显下降，在1960年到达低点，在接下来两年里几乎没有变化。

那天，X太太在接受了厄恩霍尔姆的检查后，被推进了手术室。厄恩霍尔姆在手术室里给她做了一个叫作“小剖腹产”的手术。她切开X太太的腹壁，小心翼翼地将被子宫顶得高高的膀胱分到两边，再切开子宫壁。她把胎儿和胎盘取出，小心不留下任何残余组织。“清理宫腔。逐步缝合子宫。”厄恩霍尔姆在手术报告中写道。那个胎儿，她记录道：“长20厘米，女性。”

胎儿包裹在无菌的绿布里，交给助手，之后用车运送去卡罗林斯卡学院的病毒学部门。

几天过后，在6月中旬一个灰蒙蒙的细雨天，海弗利克坐到他实验室的一个狭小的“无菌”室里。按照已经十分熟悉的常规程序，他拿起镊子，先在酒精里浸泡，再用本生灯灼烧。镊子冷却后，他用它将漂浮在一瓶清澈的粉色溶液中的两小块紫色组织取出来。他将它们摆在皮氏培养皿上。他以恰当的角度握住两把手术刀，权当一把剪刀，把那两叶肺切成无数针尖大小的碎片。他将碎片放入烧瓶，瓶内的胰蛋白酶溶液会分解联结细胞的结缔组织，把数百万个细胞释放出来。

他再将混合溶液倒进几支小玻璃试管，盖上塞子，放进离心机——一台圆形的机器，装有底座和滑轮，能够在实验室里随意移动。他开动离心机，与机器成水平角度的试管开始高速转动。大约20分钟后，试管中的细胞，由于密度比溶液大，都沉到了试管底部，形成一个灰白色的小球。

他关闭离心机，取下试管，然后回到无菌室，取出有棉塞的玻璃

移液管，靠着肺的力量，反复吹每支装有培养基的试管里的小球。那些细胞最终分散开来。他将它们吸到移液管里，一点点地转移到一个大玻璃瓶中。他现在加快操作，以免细胞黏住，他将细胞和营养液的混合物倒进几个小玻璃瓶中。最后，他把这些小玻璃瓶小心地放进孵化室。

过了几天，细胞已经在培养瓶中生长稳固，海弗利克将一批样本交给了穆尔黑德。这次，他的这位朋友和同事反馈了好消息。穆尔黑德告诉他，WI—38细胞的染色体看上去完全正常。

海弗利克知道，如果能够冷冻足够大数量的WI—38细胞，他就可以在未来几十年里为疫苗生产者提供足够的细胞来制备疫苗。既然细胞并非永生，迟早会死在瓶中，这又怎么可能？海弗利克在1961年那篇里程碑式的论文中已经就此作了说明。这是指数式增长的非凡力量。

海弗利克在那篇论文中写道，假设你最初只有一个不大的布莱克培养瓶。它是方形的，容量大约为一品脱，面积较大的侧面长仅5.5英寸，宽不足3英寸。当细胞生长至在瓶底，其实是在侧面汇合时——在孵化时培养瓶都是侧放的——培养瓶里含有大约1000万个细胞。如果此时你将这些新培养的细胞分成两瓶，在这两瓶里的细胞也覆盖各自的瓶底时，再将它们分成四瓶；就这样在细胞汇合时继续分瓶，直到最初的细胞倍增了50次——差不多到达海弗利克极限——那么按照他的计算，你就会得到10^{22}个细胞。海弗利克知道142亿个湿细胞的重量约为一盎司，据此计算出一个培养瓶里的细胞最终可以产出2200万吨细胞。[215]

当然，这是理论上的最大数字。实际情况并非如此简单。有时候，布莱克培养瓶会受到污染。有时候用来冷冻细胞的安瓿会产生裂缝，或者更糟糕的是，安瓿会由于在冷冻时液氮渗进它们内部密闭的小孔而炸裂。（海弗利克在解冻安瓿时，习惯戴上护目镜。）有时候细胞会在运输中丢失。有时候，坦诚地说，运送一批细胞给外面的科学家后，剩下的一些会被倒进下水道。

但是，如果有10^{22}个细胞，就能够容许发生几次事故和少许的浪费；10^{22}是一个大到难以理解的数字。可以这样想：那些刚刚获得的、覆盖一个一品脱容量的小布莱克培养瓶底部的WI—38细胞，在倍增了大约20次后，可以生产出的疫苗是一个普通疫苗公司生产能力的8.7万倍，在今天看来，相当于一种典型儿童疫苗在四十多个国家一年内的总用量。[216]

海弗利克在1961年那篇论文中通过计算得出结论：足够大的细胞储备，冷冻起来，在需要时一点点解冻，能够在可预见的未来为全世界提供所有所需细胞。使用他的方法，他写道，“科学家可以在任何时间获得几乎数量无限的细胞”。[217]

那年夏天，美国即将迎来变革。在海弗利克将WI—38细胞胎肺切碎时，《纽约客》杂志刊登了蕾切尔·卡森的经典作品《寂静的春天》的首篇节选，拉开了现代环保运动的帷幕。当6月底细胞首次在瓶底汇合时，美国最高法院判定公立学校的自愿祷告违反了宪法中的政教分离原则。7月4日国庆日，天气晴朗，肯尼迪总统在位于费城的美国独立纪念馆发表演讲，赞扬了美国的民主制度鼓励人们表达不同意见，而此时在三英里以外的地方，那些细胞正在96℉下旺盛生长。在海弗利克开始储备一批冷冻的WI—38细胞，以便在可预见的未来实现持续供应时，女性堕胎自由受限的新闻登在了报纸头条，上新闻的是凤凰城一位叫谢莉·芬克宾的女演员。芬克宾育有四名子女，是儿童电视节目《游戏屋》的主持人。她在第五次妊娠时，使用了沙利度胺来抑制晨吐，她不知道这种药会造成胎儿畸形。她没法在亚利桑那州堕胎，该州的法律只允许孕妇在生命受到威胁时堕胎。[218]她最终飞往瑞典终止妊娠，媒体跟随她做了详细报道。

在决定什么时候冷冻WI—38细胞时，海弗利克必须努力实现平衡。他想生产出足够的细胞，装入大量的安瓿中，供未来使用。他敏锐地意识到，当初的200安瓿WI—26细胞不够用。另一方面，他不想等那些细胞长得太老——也就是分裂太多次之后，才冷冻它们。疫苗生产商想要年轻的细胞，那样他们能够再让细胞分裂很多次，物尽其用。他们也对年龄较大的细胞有顾虑，因为细胞每分裂一次，染色体异常与他们所担心的随之而来的细胞癌变的可能性就增加一些。

在海弗利克建立WI—38细胞一年后，有些分裂超过40次的细胞的染色体确实出现了异常。这些变化不是癌变，证明这点的是穆尔黑德和埃罗·萨克塞拉——一位当时在威斯塔研究所工作的年轻芬兰科学家——在《美国国家科学院院刊》上发表的那篇论文。他们写道，那些染色体发生变化的细胞“绝没有”出现形状异常，或是异常快速或无限地分裂，而这些异常都是癌化的典型迹象。[219]

但是，萨克塞拉和穆尔黑德记录的那些异常，会让疫苗生产商和监管者回避使用群体倍增数较高的WI—38细胞。至1960年代，在英国这个首批使用人二倍体细胞来制备疫苗的国家，一些公司开始使用群体倍增数低于30的细胞来制备疫苗。[220]

海弗利克决定在这些细胞第8次分离进新培养瓶后，将它们冷冻

起来。第8代细胞——这么称呼，是因为它们被“传代”到新瓶中8次——将足够年轻，数量也十分充足。一小布莱克培养瓶的细胞倍增8次后，会产出256瓶，每瓶生长至汇合时含有大约1000万个细胞。海弗利克通常将来自一对肺的细胞分装进4个布莱克培养瓶，开始培养。

海弗利克在2013年推测，有些培养瓶或许在早期传代时受到污染，导致最终可以冷冻的细胞培养瓶总数受到影响。不管怎么说，我们现在没有记录，不能精确地知道在海弗利克下令将细胞分入小安瓿冷冻时，他到底累积了多少培养瓶的细胞。能够确定的是，冷冻细胞的任务十分艰巨。

1962年7月底的一天，威斯塔研究所的几位技术员（有些是从其他实验室借调的）聚在一起做这项工作，当天海弗利克并不在实验室。他两周前出发去日内瓦参加一场世卫组织的会议，讨论使用他的人二倍体细胞株来制备疫苗的可能性。此时他或许还在路上。

这些技术员要一连几个小时地做这项枯燥的工作。他们需要先用肺部的力量和在近一百年前由路易·巴斯德发明的移液管技术，让汇合在布莱克培养瓶底的那层黏糊糊的细胞松动。他们将细胞和培养基组成的混合液吸起来，再用力吹回瓶中，不断重复，直到细胞悬浮在液体中，液体呈乳白色。

接下来他们用注射器抽取少量液体，注射到经过蒸汽消毒的安瓿里。这是一项细致的工作。小瓶形状与葡萄酒瓶相似，高约2英寸，颈宽约为1/16英寸。装入细胞后密封。工作人员——每个人的细致程度不同——用本生灯灼烧瓶颈，将它们密封起来。他们用镊子把熔化的玻璃细丝扯掉，让封口变钝。在整个过程中，他们都注意不让温度过高，以免杀死瓶里的细胞。事后看来，他们进行的是一项极为重要的操作：把细胞密封到安瓿里，不让细菌污染它们。

1960年的消毒程序远不如今天高效，主要是因为现在习以为常的技术在当时并不存在。例如，今天已普及的层流净化罩能够防止科学家的工作场所的空气受细菌污染，但当时它还在研发当中。当时夜间使用的紫外线灯也有严重的缺点：它们发出的光线可以杀死物体——如培养的细胞——表面的微生物，却杀不死内部的微生物。

确实，青霉素等抗生素在1962年已经广泛使用，许多实验室都大量使用它们来保护培养的细胞不受细菌污染。但是，海弗利克表示，疫苗生产者对抗生素有顾虑，因为它们可能使疫苗接种者过敏。他决定冒险不使用抗生素。这个决定最终会让他付出代价。

1962年7月31日这天结束时，威斯塔研究所的工作人员制备出了800多安瓿WI—38细胞。每个小瓶里有300万至400万个细胞。它们被放进一台公用的大干冰柜里。几个月后，海弗利克将它们转移到更为永久的保存地点，放在研究所地下室的一个液氮罐里。在那里，它们被保存在-320°F的环境中。[221]

1962年10月，经验丰富的细胞培养专家罗伯特·史蒂文森，到威斯塔研究所拜访了海弗利克。直率的史蒂文森是美国国家癌症研究所的工作人员，是海弗利克所参与项目的干事，负责监督合同得到顺利、恰当执行。根据合同要求，海弗利克要生产、保存和分发人二倍体细胞株。史蒂文森或许在拜访期间得知，海弗利克在十天前将100瓶新的WI—38细胞交给了一位客人，英国最高疫苗监管机构英国医学研究委员会的弗兰克·珀金斯。珀金斯乘坐跨越大西洋的航班，将它们带回了伦敦。[222]

1962年10月18日，在造访威斯塔研究所两天之后，史蒂文森写了一份备忘录，总结视察情况，说明他已经清楚地告知海弗利克，那些细胞是美国政府的财产。

他写道，那些细胞不能转包给非美国政府机构进行分发，而英国的医学研究委员会却可以发挥“分发仓库”的作用。[223]这家英国机构确实很快就成了一间分发仓库，将细胞运送给柏林、马德里、米兰、德黑兰和乌普萨拉的科学家。[224]

在1962年这个重要年份结束时，海弗利克给美国国家癌症研究所的史蒂文森提交了一份进程报告——这是根据合同他需要向政府机关提交的一份例行报告。报告中有一个部分标题是“新人二倍体细胞株WI—38的特性描述”。[225]

WI—38安瓿一冷冻起来，海弗利克就又去斯德哥尔摩找斯文·加德，取监管者们需要的证明文件。在国家卫生研究院的新疫苗审批单位——生物制品标准部那里，单有海弗利克的话并不足够。他需要文件来证明X太太——WI—38胎儿的母亲——十分健康，她体内以及胎儿父亲的体内没有潜藏的癌症、遗传病或感染。

要得到这些信息需要很小心。堕胎两个月后，X太太并不知道她的胎儿最终被送去了其他地方，而不是医疗废弃物焚化炉。1962年在瑞典，和在美国一样，堕胎的女性往往对胎儿的组织被科学家使用一事并不知情。严肃的加德并不愿意做这件事。他委托了一位他觉得更适合的人去接洽X太太，这个人就是35岁的医生玛加丽塔·伯蒂格。伯蒂格正在加德的实验室读博，同时监测瑞典脊髓灰质炎疫苗对人体的

影响。

伯蒂格来自瑞典一个颇有名望和权力的家庭，相貌秀美，一头黑发，鹅蛋脸庞。她性格矜持，有礼貌，不咄咄逼人。她和妇科医生厄恩霍尔姆一样，从事的是一份女性只占14%的医生职业。和厄恩霍尔姆不同的是，她自己有小孩——那年8月，她的两个女儿分别3岁和6岁——而且她的医生丈夫不做家务。她之所以能够应付过来，是因为她从医学院毕业后，没有直接按她所学的专业去当儿科医生，而是来到加德的实验室，成为工作时间规律的科学家。她家保姆哈丽雅特收费很高，几乎要花掉她的全部工资，但是她从未想过放弃自己喜爱的工作。

接洽X太太的这项工作并不是她喜爱的。但是，加德要求她去做，而她又不是一个会反抗权威的人。伯蒂格给X太太的主治医生打了电话。通过与那位医生及其护士合作，她收集到了尽可能多的信息，并从为X太太堕胎的那家医院得到了手术记录。整件事情费了不少力，一年多后，即1963年10月，她才给海弗利克写信，并附上了X太太的病历。

病历里记载，X太太在小时候患过麻疹、猩红热和百日咳，此后没有患过感染性疾病，几个孩子也很健康，家族里没有人患过遗传病或癌症。

她在附信中写道，她相信X太太十分健康。但是她补充道，X太太的丈夫智力似乎低于一般水平。她还提醒海弗利克——他显然曾向她索要夫妇的血样——X先生从城外做工回来后，要给他抽血可能很困难。她没有详述其中的原因。

2015年在被问及此事时，海弗利克回忆不起为什么当初想要X先生的血样。他说X先生的智力缺陷并没有困扰他。他写道，智力缺陷不会传染，无关细胞用于制备疫苗的安全性。[226]

第七章　脊髓灰质炎疫苗里的“乘客”

马里兰州贝塞斯达；费城；新泽西州克林顿农场，**1959—1962年**

> 噢，他们当时得寸进尺，特别过分。但是我——我最好的人们都站在我这边。
>
> ——伯尼斯·埃迪，美国国家卫生研究院前科学家，1986年[227]

1960年春，在紧邻华盛顿特区的马里兰州贝塞斯达的美国国家卫生研究院，一位精神矍铄、长着一张坦率的方脸、梳着光溜溜的深棕色头发的57岁博士科学家，正因为她在一批新生仓鼠身上令人吃惊的发现而担心。

伯尼斯·埃迪出身于奥本镇一个医生家庭，奥本镇位于弗吉尼亚州西部乡村地区，镇上只有199位居民。她在辛辛那提大学取得了博士学位。在路易斯安那州研究了一小段时间麻风病后，她在1937年来到了国家卫生研究院。[228]到1950年代，她在研究院内负责为美国疫苗市场把关的生物制品标准部已经工作了二十多年。生物制品标准部扮演着今天食品药品监督管理局中一个关键部门所扮演的角色，评估新疫苗，在确定疫苗适合投入市场后颁发许可证。埃迪的工作是仔细检查疫苗的安全性和有效性，她做得很好。1953年，她荣获了研究院院长颁发的“杰出贡献奖”，还加薪了。

第二年，埃迪受命负责部门的脊髓灰质炎疫苗安全性测试。这项工作至关重要。在1952年那场脊髓灰质炎疫情中，近5.8万美国人感染，其中2.1万人瘫痪——这是美国最严重的脊髓灰质炎疫情——病毒学家正全力以赴，要让一种脊髓灰质炎疫苗获批。由乔纳斯·索尔克发明的第一种脊髓灰质炎疫苗，使用的是在猴肾细胞中增殖，然后用福尔马林杀死的脊髓灰质炎病毒。索尔克疫苗在1954年进入人体试验阶段，当时埃迪从由加利福尼亚州卡特公司制备的三批索尔克疫苗中分离出了活体脊髓灰质炎病毒。她将可疑的疫苗注射给猴子，发现其中一些猴子瘫痪了。她向几位上司汇报了这些发现，并送去了瘫痪猴子的照片。[229]这些发现被忽视了，1955年4月，索尔克疫苗获得了批准。[230]大规模的接种开始了，卡特公司生产的疫苗也被分发出去。它最终导致192人瘫痪，其中许多是儿童。[231]此外还有10人死亡。[232]美国政府不得不临时召回所有脊髓灰质炎疫苗，但仍在公众

中引起了恐慌。政府强制改进了生产技术，之后又将疫苗投入市场。但是，公众的信心要经过好几个月才能重建起来，这在一定程度上导致美国那一年出现了2.8万例脊髓灰质炎。[233]

尽管她此前提醒过上司疫苗有瑕疵，尽管她多次抗议，埃迪还是受到卡特事件的影响，被调离了脊髓灰质炎疫苗测试的岗位。[234]她的上司受到的处罚更严厉：包括国家卫生研究院院长威廉·西布雷尔，以及卫生、教育和福利部部长奥维塔·卡尔普·霍比在内的高官，都丢掉了工作。埃迪的老板威廉·沃克曼也未能幸免。

此后几年，埃迪展现出了惊人的忍耐力，她坚守在生物制品标准部。1959年，她与朋友、研究院的同事，即医生兼科学家萨拉·斯图尔特一起登上了《时代》杂志。她们发现了现在被称为“SE多瘤病毒”的小鼠病毒——“SE”指的是斯图尔特（Stewart）和埃迪（Eddy），“多瘤”的意思是“多发肿瘤”。斯图尔特从三只实验室小鼠的肿瘤中分离出这种病毒。两位科学家随后进行的实验表明，分离自小鼠肿瘤的液体不仅在注射给其他小鼠时会引起新的恶性肿瘤，而且在注射给仓鼠和大鼠时也会。[235]病毒可能引发癌症的观点再次出现，并且越来越有吸引力，而她们的发现引起了其他科学家的关注。

但是，那篇文章在《时代》杂志上发表前不久，埃迪就开始了另外一项实验。她之所以做这项实验，是因为多瘤病毒研究让她产生了一种挥之不去的担忧。

她的担心是：如果从小鼠肿瘤中提取的带病毒液体能够如此轻易地跨越物种界限，在仓鼠和大鼠体内引发癌症，那么为什么来自动物，比如猴子——一种与智人更接近的物种——的病毒，不会在人体内引发癌症呢？她的这个问题并不是学术问题。索尔克的脊髓灰质炎疫苗自1955年上市以来，已经注射给了超过6900万美国人。这种疫苗是用猴肾细胞制备的。埃迪和疫苗学家同行们都知道，猴肾细胞里含有大量病毒，用科学术语来讲就是“猿猴”（simian）病毒，它来自拉丁语中表示猿猴的单词“simia”。

这类病毒潜藏在看似健康的猴子体内，尤其是猴肾里。无论猴子看上去有多正常，这些病毒都会杀死实验室里的猴肾细胞，让科学家不得不丢弃毁掉的培养细胞。威斯塔研究所的所长科普罗夫斯基正在研制自己的脊髓灰质炎疫苗，所以对这个问题很感兴趣。他注意到，这些病毒“在完好的［猴子］体内通常是休眠的，但是一旦猴子死亡，受感染的组织被取出，它们就开始疯狂地增殖”。[236]

礼来制药公司的科学家罗伯特·赫尔，已经开始为每种新发现的猿

猴病毒分类，依据是病毒对培养的猴肾细胞造成的损伤。1958年，他在论文中报告了此前两年新发现的18种猿猴病毒。“只要在病毒疫苗的生产和测试中使用了原代猴肾培养细胞，”他在论文中总结道，“猿猴病毒污染的情况就会存在。”[237][238]

从索尔克到国家卫生研究院的监管者，所有人对这些猿猴病毒的假定都是，尽管它们在实验室或生产线上可能是个麻烦，但是并不会给人类带来危险，因为福尔马林在杀死索尔克疫苗中的脊髓灰质炎病毒时，也会杀死它们。除此以外，他们还继续推断，即使猿猴病毒在生产流程中存活下来，也显然对人体无害——数千万接种了索尔克疫苗的人都很健康，不正说明了这点吗？

伯尼斯·埃迪不会随便接受这些假设。1959年6月，在国家卫生研究院的领导不知情的情况下，她开始了一项大胆的实验。她拿来生物制品标准部培养的猴肾细胞——提取自广泛用于疫苗制备的恒河猴，这一点很重要——将它们冷冻，磨碎，用只能筛除细菌、不能筛除病毒的超细过滤器过滤，然后将少量得到的液体注射到新生仓鼠皮下。接受注射的154只仓鼠中，多达70%长出了肿瘤，而且长出肿瘤的这些仓鼠全部死亡。更严重的是，出现这种问题的并不只是一两份磨碎的培养细胞——她准备了12份磨碎的猴肾细胞，每份细胞都提取自8至32只恒河猴。12份细胞中，最终有9份致癌。这种病毒似乎在猴子体内很常见。[239]

埃迪进一步实验，她从2只患病的仓鼠取得肿瘤，用剪刀剪碎，再将肿瘤碎屑注射到另外40只新生仓鼠皮下。除了2只以外，其他仓鼠都患上癌症，不足三个月就死亡了。[240]

1960年初夏，正当埃迪焦虑地思索着自己的发现时，她听说了华盛顿特区附近一场重要的脊髓灰质炎疫苗会议上的一次演讲。在脊髓灰质炎疫苗学家和公共卫生专家的世界里，莫里斯·希勒曼的那次演讲就像一枚手榴弹。希勒曼备受尊敬，话语严肃，他是蒙大拿州人，在默克公司主管疫苗研究。他的演讲让埃迪鼓起勇气，找上司谈了自己的发现。

那年6月在乔治城大学参加那场会议的顶尖脊髓灰质炎疫苗学家都十分乐观。使用灭活病毒的索尔克疫苗已经上市五年，美国的脊髓灰质炎发病率已经大幅降低，从1955年的每万人25例降到1960年的每万人不到5例。[241]但是，在小范围内脊髓灰质炎仍然顽固存在，尤其是在贫困社区里。更令人担心的是，最严重的病例，即那些患者瘫痪的病例，并没有像感染后能完全恢复的病例那样大幅减少。令人吃惊的是，致瘫的脊髓灰质炎的数量在1957至1959年之间增加了一

倍还多，达到了6000多例。似乎很明显，索尔克疫苗能够限制脊髓灰质炎，但是并不能征服它。所以，与会的病毒学家正急切地等待政府批准另外一种解决方案，也就是第一种活疫苗。他们预期这种疫苗比索尔克疫苗更便宜，接种更方便，而且更有效。它的接种方式是口服，而不是注射，这样能够模仿脊髓灰质炎病毒感染的自然路径。与肌内注射的索尔克疫苗不同，它能够在消化道黏膜内——病毒最先遭遇人体免疫系统的地方，以及血液中产生水平足够强的抗体。

参会的科学家知道，他们正在见证一场三赛道激烈竞赛的冲刺阶段，竞赛的终点是赢得美国的活疫苗许可。位高权重、言辞尖刻的阿尔伯特·萨宾显然领先。但是，科普罗夫斯基之前在莱德利实验室的老板赫勒尔德·考克斯，接手了科普罗夫斯基当初研制的疫苗，继续对其进行改良和测试；他正努力不出局。而且，科普罗夫斯基也不会放弃，想胜过他的主要对手萨宾。自从离开莱德利实验室以后，威斯塔研究所的这位大权在握者就调整和重命名了他从莱德利带来的疫苗，继续对其进行测试，比如在非洲中部，主要是比属刚果给超过30万人接种。

但是，在1960年6月那场会议上，希勒曼的演讲给科学家们对活疫苗获批的乐观期望浇了一盆冷水。希勒曼把他在默克公司宾夕法尼亚州西点研究所里指导的科学家本·斯威特的发现告诉了听众，大家很震惊。斯威特在萨宾的活疫苗中发现了一种新的、潜藏的猿猴病毒，而且几乎可以肯定考克斯与科普罗夫斯基的活疫苗中也有这种病毒。这三人的活疫苗都是使用猴肾细胞制备的。而且，与索尔克的灭活疫苗不同，这三种活疫苗都未用应该能够杀死猿猴病毒的福尔马林处理过。

已知有十几种病毒会感染脊髓灰质炎疫苗生产者所使用的猴肾细胞，而与这十几种病毒相比，这种新的猿猴病毒有一点重要的不同。它不会通过损害培养的猴肾细胞而显露出来。用科普罗夫斯基的话来说，它并不会“疯狂地增殖”。相反，它会安静地待着，让培养瓶中猴肾细胞的形态和活动都十分正常。它难以检测，所以疫苗制备者不会抛弃被感染的培养物。但是，它确实存在。

那斯威特是怎么偶然发现这种病毒的？戴比·布克钦和吉姆·舒马赫所著的《病毒与疫苗》详述了斯威特的发现。[242]根据这两位作家的叙述，斯威特碰巧在用非洲绿猴做实验，而这种猴子与通常用于制备疫苗的那些种类不同。他将非洲绿猴的肾细胞暴露于培养了恒河猴肾细胞（用于生产脊髓灰质炎疫苗的细胞）的液体里，非洲绿猴的肾细胞都患病并死亡了。原来，恒河猴的细胞把一种病毒传染给了非洲绿猴的细胞，让它们变得膨大，布满孔洞，而这种病毒在恒河猴的细

胞中很安静，不会引起注意。[243]（在另外一种用于制备脊髓灰质炎疫苗的猴子食蟹猴的肾细胞中，也发现了这种潜藏的病毒。）

如果说默克公司这位科学家的发现有什么用处，那就是：在生产索尔克疫苗时用来杀死脊髓灰质炎病毒的福尔马林，可以灭活这种潜藏的猿猴病毒。所以，尽管在7000万接种索尔克疫苗的美国人中，有部分人注射了这种病毒，但是似乎仍可以放心地说，这种病毒在注射时也已经死亡了。

那场会议剩下的几天里，科学家们都在热烈地讨论这种新病毒，它被希勒曼称为“空泡病毒”，因为它会在细胞上造成孔洞或空泡，让细胞看上去就像瑞士奶酪。这种新发现的潜藏病毒被正式命名为SV40。关于它的消息很快就传到了附近的国家卫生研究院的埃迪那里。

埃迪不知道是恒河猴肾细胞中的什么东西使仓鼠长了肿瘤。她手里没有工具来鉴定这种东西，所以她就简单地将它称为一种“物质”。但是，听说希勒曼的空泡病毒后，她立即就强烈怀疑她的那种“物质”与新发现的潜藏病毒SV40是一种东西。

1960年7月6日，在希勒曼做完那场十分出名的演讲一个月后，埃迪给上司约瑟夫·斯马德尔——他刚来负责生物制品标准部的疫苗安全性测试——写了一份备忘录。备忘录的标题是“培养猴肾细胞中存在一种（致癌）物质或病毒”。

埃迪给斯马德尔写信说，她听说了希勒曼的SV40，她给新生的仓鼠注射了“特别制备的猴肾细胞”，注射处长出了肿瘤。“最终，仓鼠都死亡了。”她补充道，希望能够尽快跟进做些实验，以确定使仓鼠患癌的“物质”是否是SV40。[244]

斯马德尔男子气概十足，是一个满口脏话、严肃而专断的病毒学家，50岁出头。第二次世界大战期间，在诺曼底登陆日后，他在一间高级战地实验室工作；后来又去马来西亚工作，在那里他发现氯霉素这种抗生素能够有效地治疗斑疹伤寒症和伤寒热。1956年，在灾难性的卡特事件后，他来到了国家卫生研究院。他一直是索尔克疫苗的重要拥护者，十分清楚如果再来一次卡特事件那样的负面报道，公众对所有脊髓灰质炎疫苗的接受都会受到影响。所以，读完埃迪的信，斯马德尔十分生气。他把埃迪叫来痛骂了一顿，他后来也承认，他当时说话“一点儿也不委婉”。他说埃迪的那些仓鼠长的不是肿瘤，而是“肿块”，说她的数据“不充分”，并且否决了她关于这些肿瘤可能与SV40有关或可能引发人类癌症的推测，说她的推测“完全不合理”。[245]

埃迪并没因此惊慌。她回到实验室，下定决心要鉴定出使仓鼠患癌的“物质”。完全可以想象，她发现的“物质”已经在活体状态下被注射给其他国家的数百万人，以及上万名美国人，这些美国人参加了考克斯、科普罗夫斯基、萨宾的脊髓灰质炎活疫苗试验。她还相信，它已经注射进——并且通过索尔克疫苗还在注射进——数千万美国儿童的手臂。[246]

海弗利克记得，在希勒曼于1960年6月在波士顿的会议上做那场爆炸性的演讲前，他就已经知道默克公司的斯威特发现了SV40污染。海弗利克是斯威特的朋友，而且费城的病毒学家联系紧密，大家会自由地交换消息，所以消息传得很快。同样，埃迪的发现很快也通过科学家的关系网传到海弗利克那里，毕竟坏消息总是传得很快。

海弗利克立即就明白了SV40给脊髓灰质炎疫苗生产商和监管者带来的难题。诚然，希勒曼和斯威特表示过，这种病毒并非不可逾越的障碍。他们做了测试，吞服脊髓灰质炎活疫苗的受试者血液中未检出这种猿猴病毒的抗体，这间接表明SV40没有在人体肠道里大量增殖，并从肠道侵入人体。然而，他们也承认，这种可能性并不能完全排除。同时也无法排除的可能性是，长期来看，这种病毒侵入人体后，可能最终引发癌症，“尤其是婴儿服用后”，因为婴儿的免疫系统还未发育成熟。在总结关于SV40的发现的那篇论文中，他们继续写道，“简单的解决办法”就是确保活体脊髓灰质炎病毒的种子储备——制药公司基于这些储备来培养病毒，用于大批量制备疫苗——没有被SV40污染，并且抛弃大批已经被污染的疫苗。[247]

海弗利克相信，问题并不是这么容易解决的。一方面，对活疫苗进行测试，确保它没有受SV40污染，这种测试显然很必要，但是会特别耗时间和金钱。另一方面，即使那些接种了的人没有生病，希勒曼和斯威特自己也承认“其他未被发现的［猿猴］病毒可能还会出现”。[248]相较于消极地等着遇到猴肾细胞中下一种不受欢迎的“乘客”病毒，肯定还有更好的办法。

1960年夏，离海弗利克用X太太的胎儿创建出WI—38，仍然还有整整两年。发现SV40的消息传来时，海弗利克仍然在忙着照料他的前25个胎儿细胞系，并逐渐意识到它们会在培养皿中老化、死亡，他在思考这意味着什么。他也发现，无论怎么看，它们都不包含潜藏的、不受欢迎的病毒。与此同时，他逐渐发现，它们能够被许多致病的病毒感染，包括脊髓灰质炎病毒。穆尔黑德在用显微镜观察后，表示它们的染色体很正常，令人放心。海弗利克十分清楚他该做什么。他要用正常的人二倍体细胞研发一种脊髓灰质炎疫苗。之后，他要看这种疫苗是否有效。

沿着海弗利克实验室外的走廊，穿过中庭，在V字形的威斯塔研究所的另一个侧翼，科普罗夫斯基在考虑用新的人细胞来制备疫苗的可能性。在6月份于华盛顿特区召开的那场会议上，科普罗夫斯基本来是重要人物，却突然被SV40抢了风头。他在会议上发言，对SV40轻描淡写，也对其他任何可能会被发现污染脊髓灰质炎活疫苗的猿猴病毒都轻描淡写。

科普罗夫斯基指出，在过去几年的试验中，全世界数百万人已经接种了多种使用猴肾细胞制备的脊髓灰质炎活疫苗，包括他自己、萨宾和考克斯的疫苗，都没有受到明显的损害。他认为，这些疫苗潜藏SV40这一发现，“几乎不会阻止任何人接种疫苗”。他声称，所有种类的动物细胞中都有潜藏病毒，比如，两百年来成功用于制备天花疫苗的小牛血清中也会发现这类病毒。我们要因此停止接种天花疫苗吗？

他承认，未来可以尝试清除猴细胞中的多余病毒。他也提及了几种可能的办法，包括使用——他并未点名海弗利克和威斯塔——一种新发现的人细胞。[249]

科普罗夫斯基在轻描淡写SV40的风险时，仍然野心勃勃地希望美国公共卫生局局长勒罗伊·伯尼——科普罗夫斯基去年邀请他参加了威斯塔研究所盛大的开业研讨会——会宣布他的脊髓灰质炎活疫苗是美国政府的宠儿。他希望自己的疫苗被选中，顺利地通过审批流程，让另外两个竞争者望尘莫及。

伯尼很快就开始承受在三种疫苗中作出选择的压力，尤其是当时美国的冷战对手苏联已经让800万人口服了萨宾的那种据说更高级的活疫苗，而美国政府仍然在使用索尔克的注射型灭活疫苗。此外，1958和1959年，美国又断断续续地爆发了几场脊髓灰质炎疫情。这几场疫情——有的合理，有的不合理，因为大多数都发生在未充分接种的人口中——损害了人们对索尔克疫苗的信心。

1960年8月24日，伯尼在发布会上宣布了他选出的赢家：在使用猴子进行的安全性测试中，萨宾疫苗的表现优于另外两个竞争者，获选进入审批程序。以后获批的活疫苗，都要和萨宾的一样好，或者更好。在几个小时里，三大疫苗生产商都宣布将开始生产萨宾疫苗，其他生产商似乎也都准备这样做。无论如何，科普罗夫斯基的疫苗都似乎已经没戏了。

但是，对进取心很强的科普罗夫斯基而言，海弗利克新建立的人细胞意味着竞争并不一定已经结束。10月底，科普罗夫斯基与威斯塔研究所28岁的医生及科学家斯坦利·普洛特金合作——普洛特金曾经协

助试验过科普罗夫斯基的猴肾细胞脊髓灰质炎疫苗——给世卫组织的委员会写了一封很长的建议信。世卫组织的委员会正在就脊髓灰质炎活疫苗应该符合哪些标准征集意见。

四个月前，科普罗夫斯基还在轻描淡写SV40问题，当时他自己的猴肾细胞脊髓灰质炎疫苗仍然在争取美国的批准。现在，萨宾的疫苗很快就要获得批准，科普罗夫斯基显得没有那么沉着了。他和普洛特金的那封信强调，猴肾中充满了猿猴病毒。他们认为，要将SV40从活疫苗中清除，“可能遇到不可逾越的障碍”。[250]而且，未来还将需要数十万新鲜的猴肾来制备脊髓灰质炎活疫苗，这增加了某种可能致癌的病毒进入部分批次疫苗中的可能性，“使用猴肾制备疫苗因而更不可行”。

他们写道，相比之下，现在已经有了染色体数目正常的正常人胎细胞。它们能够冷冻起来，在需要时解冻来生产疫苗。而且，这些细胞系全都经得起对潜藏病毒的“严格检查”。他们将猴肾细胞和人细胞的优缺点列在附表上，标题包括“脊髓灰质炎病毒不受猿猴病毒影响的可能性”（人细胞是“可能”，猴肾细胞是“不可能”），以及“获得组织的难易”（猴肾细胞是“困难”，人细胞是“容易”）。[251]

科普罗夫斯基把信寄去日内瓦，然后等待海弗利克演示如何用人胎细胞制备脊髓灰质炎疫苗，不是萨宾的那种疫苗，而是科普罗夫斯基的疫苗。

海弗利克先在培养皿中用他的正常WI—1细胞，培养了少量科普罗夫斯基的脊髓灰质炎疫苗病毒。[252]

然后他将提取自培养基的液体移入容量为一夸脱的瓶中，这些瓶中装有数量更大的WI—1细胞。科普罗夫斯基的脊髓灰质炎疫苗病毒在两天时间里就摧毁了细胞，先让细长的纺锤状成纤维细胞变圆短，然后让它们胀裂，或者说“裂解”了它们。每个裂解的细胞都朝营养液中释放出多达一万个新的病毒粒子。

接下来，海弗利克又将这种液体移入装着更多WI—1细胞的、容量超过一加仑的更大瓶子中。之后他将这些细胞放到体温下培养。五天后，他对混合了培养基、细胞碎片和活病毒的液体进行过滤，滤掉其中的细菌。再将过滤得到的液体在——94°F下冷冻。就这样，他生产出了基于他的人二倍体细胞的第一种疫苗。[253]（这并非第一种以人细胞研制的疫苗；斯文·加德在瑞典已经研制过人细胞疫苗，1950年代中期，他们用胎儿皮肤和肌肉细胞制备了一种一次性的脊髓灰质炎疫苗，这种疫苗不能量产，因此没有实用性。）

在海弗利克制备疫苗时，又有一条关于潜藏的SV40的惊人消息传来。此前一年，默克公司的斯威特和希勒曼发现，索尔克疫苗生产中用于杀死脊髓灰质炎病毒的福尔马林，也能杀死SV40，这让疫苗生产者和监管者都重拾了信心。

但是，1961年3月，英国研究人员在受众广泛的医学期刊《柳叶刀》上发表论文称，与斯威特和希勒曼的研究相反，SV40对福尔马林有抗性，它并不像脊髓灰质炎病毒那样会被福尔马林迅速灭活。这意味着，这种猿猴病毒有时能够在索尔克疫苗中存活。这些英国科学家认为，“越来越多的证据表明，过去的脊髓灰质炎灭活疫苗中含有［SV40］，很可能还是活的”。[254]

几个月后，伦敦医学研究委员会实验室的研究人员在《英国医学杂志》发表论文称，在按照接种计划完整注射了三针索尔克疫苗的12名男生中，有11名体内发现了SV40抗体。[255]抗体的存在并不意味着病毒在这些男生体内存活、增殖——注射灭活疫苗的基本原理，就是即使对死亡的病毒，人体也会产生抗体。这些男生很可能是在接种索尔克疫苗时注射了死亡的SV40。但是，11/12的接种者体内发现了SV40抗体，表明SV40渗透索尔克疫苗的范围有多广，这令人警醒。而且，索尔克疫苗的使用范围越广，部分接种者被注射活病毒的可能性就越大。

1961年3月，也就是《柳叶刀》刊登那篇论文的当月，美国众议院的一个小组委员会针对活疫苗的生产举行了听证会。科普罗夫斯基由于利益相关，不能作证，但是他写信给议员，重述了他几个月前向世卫组织表达的意见。潜藏的SV40普遍存在于用来制备活疫苗的猴细胞中，所以不可能以合适的成本生产活疫苗。转而使用人细胞株会更便宜，在科学上也更完美。他补充道，“没有任何证据”表明人细胞会致癌。[256]

在这样的背景下，海弗利克坚持以人胎细胞研发脊髓灰质炎疫苗。1961年1月前后，他完成了研发。现在，由于SV40问题比人们最初预料的更普遍，所以海弗利克和普洛特金着手确保新疫苗在注射给最脆弱的人群，即新生儿时也是安全的。

1950年代末，6至12月龄的婴儿患脊髓灰质炎的数量有所增加，这个年龄段的婴儿很容易患病，因为婴儿从母亲那里得到的保护性抗体逐渐消失，而自己的免疫系统又尚未成熟，无法全面抗击外来入侵物。科普罗夫斯基和普洛特金在1959年的一篇论文中称，这意味着婴儿应该尽早接种疫苗。当时科普罗夫斯基的疫苗仍然在争取政府的批准，这篇论文称他的脊髓灰质炎活疫苗已经试验成功；对年龄低至一

天的婴儿，它也提升了体内抗体的水平。[257]

重要的是，婴儿未接种过疫苗，所以能够帮助测试海弗利克新研制的活疫苗。这种未接种过疫苗的受试者很难找到，因为到1961年，据估计全美国90%的儿童和青少年都接种了索尔克疫苗，40岁以下的成人也有60%接种过。[258]其余40%很可能由于在数十年的时间里接触过脊髓灰质炎病毒，已经有了抗体。先于接种而存在的抗体，会让活疫苗测试的结果难以解释。

凭借科普罗夫斯基的关系，海弗利克和普洛特金拥有现成的新生儿可以接种，这些新生儿来自一座不同寻常的女子监狱，这座监狱的负责人是一位同样不同寻常的女性。

克林顿州立农场位于新泽西州的乡村，在费城西北60英里处。这所校园一样的机构收监着刑期一年以上的女性，监狱长是埃德娜·马汉，她已经管理这座监狱33年了。

马汉当时60岁，是加利福尼亚大学伯克利分校1922届毕业生。她笑容和蔼，长着鹰钩鼻和一双敏锐的浅色大眼睛。早在自由的1960年代到来之前，她就已经是个自由派了。她热情支持服刑人员改过自新，解开了她们的手铐，让几百名服刑人员逐渐赢得信任。她们穿不同颜色的制服，颜色反映出自由的程度。表现最好的人白天可以到周围的社区工作，当农场工人或家政工人。

1956年，美国前第一夫人埃莉诺·罗斯福参加完服刑人员八年级毕业典礼后写道：“克林顿农场的气氛不像监狱。没有哪名女性是锁起来的。”[259]埃莉诺·罗斯福说，在听到马汉的名字时，服刑人员都发出了欢呼，而且多达400名服刑女性可以在山坡上野餐，只有一位工作人员陪着她们。

这种自由也让科普罗夫斯基印象深刻。他在晚年接受采访时表示，克林顿农场的服刑人员是充满活力的女性，会充分利用她们的自由，在附近的78号公路上招呼十八轮大卡车，然后在卡车的驾驶室里享受月光下的幽会——这种说法能很好地解释农场里的女囚是怎么生下孩子的，不过这只是科普罗夫斯基的说法，并没有证据。[260]没有争议的是，每年这些服刑女性会在农场自己的史蒂文斯医院或者附近的亨特顿郡医疗中心共生下约60名婴儿。1960年，农场里出生了54名婴儿。[261]

在海弗利克研制自己的脊髓灰质炎疫苗时，科普罗夫斯基已经在克林顿农场做了五年试验，给新生儿接种用猴细胞制备的脊髓灰质炎

疫苗。科普罗夫斯基能够在农场做试验，是因为他的同事，宾大医院的医生约瑟夫·斯托克斯，还因为斯托克斯的兄弟，同为宾大医院医生的埃姆伦·斯托克斯。约瑟夫·斯托克斯与克林顿农场委员会的一名委员有交情，而埃姆伦·斯托克斯则是新泽西州机关机构管理委员会的委员。此外，意志坚定的马汉本身也特别相信医学研究。在她于1946年首次同意的实验中，服刑人员每天被虱子叮咬，以衡量她们的营养状况对虱子在她们身上繁殖的节奏有何影响。[262]

普洛特金在1950年代末为科普罗夫斯基完成了大部分接种试验，他回忆说那段时间他每周要驱车去克林顿农场两次。在农场做试验有个好处，那里的婴儿不像城市产房里的新生儿那样，出生一周就消失到四周的社区里。克林顿农场的婴儿，在婴儿室里待上4至6个月并不罕见，所以能够测试和衡量接种试验在他们身上激发的抗体水平。

农场中才生下孩子的母亲是否有能力拒绝参加研究，这是个没有定论的问题。“克林顿农场的医学顾问阿格尼丝·弗拉克医生和监狱长埃德娜·马汉小姐帮了很大的忙，让我们获许给婴儿接种。”科普罗夫斯基在1959年一篇论文的致谢中写道。[263]

服刑人员之所以自愿把孩子送去参加研究，或许是因为一种很强的激励因素：有机会陪自己的孩子度过更多时间。爱德华·胡珀在1999年出版的《河流》中，调查了克林顿农场1950年代中期以后的出生记录，发现参加科普罗夫斯基脊髓灰质炎疫苗试验的婴儿，平均在农场度过了4至6个月，这个数据与科普罗夫斯基及其同事1959年论文中的数据一致。[264]胡珀发现，没有参加试验的婴儿，在出生后4至6周就被送去了社会福利机构或亲戚家。[265]

在把使用胎儿细胞制备的新的脊髓灰质炎活疫苗带去克林顿农场之前，普洛特金和海弗利克进行了安全性测试，他们在论文里称这种测试“很全面”。首先，他们要确保疫苗没有被脊髓灰质炎病毒以外的某种病毒或细菌污染——理论上可能会有病毒或细菌潜藏在WI—1细胞中。于是，他们把疫苗注射给几十只小鼠、兔子、豚鼠和仓鼠，观察它们是否因已知会感染这些物种的微生物，如单纯性疱疹病毒和会造成结核病的芽孢杆菌而患病。它们都没有患病。两人后来写道，这次测试“应该”排除了这类微生物存在于疫苗中的可能性。[266]

接下来，他们使用脊髓灰质炎病毒抗体中和疫苗里的病毒，然后将得到的液体注入若干板猴细胞。如果疫苗中潜藏着某种除脊髓灰质炎病毒以外的病毒，它就会损伤猴肾细胞。海弗利克和普洛特金想到的是SV40，以及一种偶尔会导致被猴子咬伤的研究人员和驯兽员死亡的疱疹病毒，B病毒。但是，那些猴细胞没有患病。（为了确保观察

到SV40造成的影响，他们使用非洲绿猴的肾细胞。）

之后，他们还进行了多次测试，确保疫苗病毒在WI—1细胞中培养时，其基因组并没有突变成另外一种危险的形式。他们的测试表明它的基因组没有变异。这种测试比基因测序技术早了几十年，所以他们不得不通过间接的实验室测试来推断结果。在一项测试中，他们将疫苗病毒注射进5只猴子的大脑，观察21天，再将它们安乐死，在显微镜下观察它们的脑和脊髓切片。猴子并未患上脊髓灰质炎，它们的脑看上去也很正常。[267]

在对疫苗进行了几周测试后，普洛特金和海弗利克觉得自己已经尽了全力。海弗利克在2014年的一次采访中回忆，他对新疫苗的安全性十分有信心，甚至喂给了他自己的孩子乔尔、德博拉和苏珊，当时他们分别为4岁、3岁和2岁。他没有说这晚于还是早于在克林顿农场的首次试验。[268]

克林顿农场的婴儿在1961年春末夏初开始口服基于人细胞的脊髓灰质炎疫苗。给婴儿服用疫苗的人要么是普洛特金，要么是苏珊娜·理查森，一位经常协助他的助理护士。

试验开始的时机很恰当。伯尼斯·埃迪关于恒河猴肾细胞中某种“物质”在仓鼠体内引起致命肿瘤的那篇论文，在被上司斯马德尔压了几个月后，终于于5月发表。随后，6月末，科普罗夫斯基趁美国医学会在纽约市召开高规格年会之机，让执业医生开始关注SV40问题。他警告他们说，使用猴肾细胞来制备脊髓灰质炎疫苗的“过时”方法，有可能带来更多“意外的病毒”。他称，海弗利克和穆尔黑德的人细胞是推动脊髓灰质炎疫苗发展的“明显选择”。[269]

没过多久，外行的媒体开始报道SV40。7月底，美联社在《纽约时报》第33版的文章中说，默克公司和派德公司已停止生产索尔克疫苗，原因是国家卫生研究院在这种疫苗中发现了一种“据信无害”的猿猴病毒。这篇文章并未提及癌症。[270]它也没有报道，默克公司的希勒曼在公司的测试人员从疫苗中发现活体SV40后，坚持让公司放弃生产索尔克疫苗。[271]

《国家调查报》就没有这么乐观了。这家小报尽管习惯夸张报道，但是8月的那篇文章却准确而详尽，标题是“脊髓灰质炎疫苗的严重问题被掩盖”，副标题是“实验室测试中70%的仓鼠患癌”。文章开头便写道：“你注射的脊髓灰质炎疫苗可能会害死你。”这篇文章翔实地报道了埃迪的发现，而且引述了科普罗夫斯基的话；在文章中，他再次宣传海弗利克的细胞，暗示说许多公司继续使用猴细胞只是因为

害怕改变。[272]

《国家调查报》发表那篇文章之前几天，国家卫生研究院的生物制品标准部首次要求疫苗生产商抽检自己各批次的索尔克疫苗，在确保它们没有受到活体SV40病毒污染之后，才能分发出去。生物制品标准部作出这项改变，离斯马德尔收到信，首次得知索尔克疫苗中可能存在活体SV40，已经过去了18个月。生物制品标准部没有召回任何已经上市的疫苗，也没有要求制药公司作出昂贵的改变，转而使用非洲绿猴的肾细胞来制备脊髓灰质炎疫苗。非洲绿猴体内不会天然携带SV40，使用它们的肾细胞可以避免污染问题。

到1961年夏末，克林顿农场已有6名足月出生、年龄在9至47天的婴儿接种了海弗利克使用人细胞制备的疫苗。[273]当年10月，海弗利克给当时最重要的公共卫生研究期刊《美国卫生学杂志》寄去了论文，他是第一作者，另外几位作者是普洛特金、科普罗夫斯基，以及科普罗夫斯基的行政助理和实验室经理汤姆·诺顿。

这几位作者在那篇发表于1962年3月的论文中表示，他们的发现鼓舞人心。[274]使用人胎细胞制备的脊髓灰质炎疫苗不含除脊髓灰质炎病毒以外的多余病毒。接种疫苗的6名婴儿中有5名粪便中含有脊髓灰质炎病毒，这种现象持续了一周多，说明脊髓灰质炎病毒已经在他们的肠道里实现了有效的感染。这种感染对于激发抗体反应是必要的。此外，这种疫苗的基因很稳定，他们测试那5名婴儿粪便中的病毒，发现病毒在经过婴儿肠道时毒性没有增加。

这篇论文的草稿写于大多数婴儿接种疫苗之前，草稿里承认实验室测试和动物测试都不能确切证明疫苗的安全性。“有可能发生的情况是，”草稿写道，“［弱化的］脊髓灰质炎病毒在人细胞中增殖时，其［在人体内致病的能力］可能增强，其某些特性可能改变。只有大范围的实地实验——正在组织当中——才能够确定它对人的致病性是否增强。”[275]

然而，论文发表时，他们改变了措辞。“我们测试了以人细胞制备的脊髓灰质炎［减毒］疫苗，结果显示［原文如此］，脊髓灰质炎病毒对人的致病性不会增强，其他特性也不会改变，”论文陈述道，“我们目前正在组织大规模的实地实验，进一步确定这种材料的安全性和效用。”[276]

在已经发表的论文结尾，几位作者夸赞了使用海弗利克的人二倍体细胞株来制备抗病毒疫苗的所有优点。他们写道，这些细胞在十多个方面都优于仍被用于制备索尔克疫苗和萨宾疫苗的猴肾细胞，而且

能够使用人二倍体细胞来制备的疫苗理论上无穷无尽，它们能抵抗多种疾病，如狂犬病、麻疹、水痘，甚至普通感冒。

SV40后来怎么样了？埃迪后来怎么样了？她在1960年遭到上司斯马德尔训斥后，并未退缩。实际上，在几周后，她就利用纽约癌症学会开会的机会，汇报了她发现恒河猴肾中的一种“物质”在仓鼠体内致癌，并导致仓鼠死亡一事。她的发言内容并未得到斯马德尔许可。

“我知道我那样做会惹麻烦，”埃迪在晚年回忆道，“但是我不太在意。”[277]

不久，埃迪所在的工作单位，国家卫生研究院生物制品标准部的主管罗德里克·默里，在一份备忘录中告知她，她以后不必再承担确保疫苗安全性的“烦人”责任了。[278]她可以开展独立研究。在另外一份备忘录中，斯马德尔告知她，到任何会议上发言之前，讲话内容都必须先经他审核和批准。[279]

1961年夏，在她那篇关于仓鼠肿瘤的论文发表后不久，埃迪降职，身边只剩下两位助理，并被分配到国家卫生研究院29号楼的207办公室。[280]这间办公室长16英尺宽14英尺，此前是储物间。在埃迪降职期间还是生物制品标准部的年轻科学家，后来成为国家卫生研究院副院长的露丝·基尔希斯坦，在晚年时说生物制品标准部——包括她自己——未能认真对待埃迪的发现，是一件“不那么光彩的事情”。[281]

在默克公司的实验室中发现SV40、让默克公司停止生产索尔克疫苗的希勒曼后来回忆说，埃迪在国家卫生研究院的上司就她的发现，“把她批评得体无完肤”，因为她的研究没有设置严格的控制组。“但是，”他补充道，“她的发现是对的。”[282]

埃迪的下一篇论文——她在严酷的环境中，为此付出了一年的努力——证明了SV40和那种在仓鼠体内致癌的“物质”其实就是一种东西。这篇论文又被斯马德尔压了几个月后才得以投递出去，最终在1962年5月发表。[283]

在接下来的那个月，科普罗夫斯基匆忙发表了几位威斯塔研究人员和罗伯特·拉夫丁医生合作的一篇论文，首次表明潜藏的SV40会感染人细胞——从人的皮肤和颊黏膜刮取的细胞。细胞出现了畸变，分裂速度加快，相互重叠，并且存活时间长于未被感染的同类细胞。这篇论文附上了那些混乱、异常的细胞放大2500倍的照片。[284]没过多久，诺贝尔奖得主约翰·恩德斯和同事哈维·沙因、珍娜·利文索尔合

作，在《美国国家科学院院刊》上发表了相似的发现。这三位科学家发现，SV40在提取自人类胎儿、新生儿和3月龄婴儿的肾细胞中都引起了恶性改变。[285]

九个月后，1963年3月，美国国家卫生研究院生物制品标准部开始要求所有脊髓灰质炎疫苗都不能含有SV40，之后才能在福尔马林中灭活，而不是像之前那样允许公司在对疫苗灭活后、准备上市时才抽检。这实际上迫使疫苗生产商转而使用非洲绿猴的肾——这种猴子不会天然携带SV40—而非继续使用SV40的天然宿主：恒河猴和食蟹猴。

至此，已经有9800万美国人接种了自1955年上市的索尔克疫苗。1959至1961年，又有1万人因为参与脊髓灰质炎活疫苗试验而可能接触了SV40。此外，还有10万名军人也可能接触了这种病毒，因为他们在1955至1961年接种了腺病毒疫苗，这种疫苗旨在保护他们免于患上在军营的封闭、密集环境中很容易流行的呼吸道感染。[286]

第八章　试验

费城及周边，1962年春

马里兰州贝塞斯达，1955—1963年

欧洲，1962—1963年

> 我始终难以摒除偏见，即认为我们的研究团队之所以想用那些婴儿，是因为他们数量总是很充足，而且条件合适，可以用作多类型的对照。
>
> ——枢机主教约翰·奥哈拉，费城大主教，1959年6月26日[287]

1962年3月，在海弗利克和几位同事合作发表新论文，介绍他们使用人胎细胞制备的新脊髓灰质炎疫苗时，威斯塔研究所聘用了一位新员工。

吉米·普帕尔的父亲是纸箱厂工人，母亲是家庭主妇。他成长于环境恶劣的费城中心城，是虔诚的天主教徒，曾经是社区的祭坛侍者。1960年从罗马天主教男校毕业时，一头黑发、身材纤瘦的普帕尔知道自己的正式教育已经结束了。他喜欢地图和科学，爱看《国家地理》杂志，但是他讨厌上学，认识的人也没有一个去上大学。他那些爱酗酒的同龄人经常聚在街角打牌，注定要么参军，要么入狱。但是，堂区的年轻牧师阿瑟·纽金特神父很谨慎，他劝才毕业的普帕尔去费城市区的富兰克林文理学院读课程密集的一年制医学技术专业。那地方是他心目中的天堂：医学技术专业的男女生比例是1:10。[288]

在学习抽血和处理患者样本的同时，普帕尔也爱上了病毒学。他开始阅读所有能够找到的关于病毒和疫苗的文献。这个领域方兴未艾，他想加入其中。他在惠氏制药公司找了份工作，但是在知道他要花好几年才能去病毒学部门后，他变得不耐烦了。几个月后，他想方设法获得了威斯塔研究所的一次面试机会。在最终被录用时，他甚至都不相信自己运气这么好；希拉里·科普罗夫斯基在病毒学王国中居于最崇高的位置。

普帕尔去了科普罗夫斯基的脊髓灰质炎实验室工作。他给兔子接

种，培养用来检测粪便样本中脊髓灰质炎病毒的海拉细胞，偶尔还会走下铸铁楼梯，去大楼后面公用的步入式冷柜里取回装脊髓灰质炎病毒的试管。冷柜里的温度保持在——94℉。普帕尔会穿上蓝色的大外套，走进冷柜，打开线网笼的门，走进科普罗夫斯基的冷冻区，擦掉试管架上用记号笔写好的标签上的霜，取下一支试管，尽快离开冷柜。（线网笼中还存放着科普罗夫斯基1950年代末在比属刚果进行脊髓灰质炎疫苗试验时得到的数百份粪便样本，装在许多饮料杯一样的纸杯里。它们最终被送进威斯塔研究所院子中的焚化炉里焚化了。）

但是，普帕尔的主要任务还是接听费城综合医院早产儿室经常打来的电话。实验室电话响起，那头的护士说医院里有可供试验的早产儿——根据普帕尔回忆，婴儿的体重至少要达到两磅，否则会被认为太虚弱，不适合正在进行的试验——他就取来一支冷冻的、带黑色橡皮塞的小试管，放进冷水，直到其中的疫苗解冻成亮黄色的液体，然后将它与一支试管、一把无菌包装的柳叶刀一起装进口袋。（柳叶刀是一种双刃手术刀，用于切开较小的切口。）

然后，他脱下实验室的白大褂，从威斯塔研究所前面宽阔的阶梯走下去，右转，沿着第36街走，路过左边宏伟的宾大医院，再朝前面走半个街区，走到第36街尽头的汉密尔顿人行道。在那里，他遇到了一堵又大又厚的黑墙。它分隔着两个世界。

这堵墙是宾大校园的边界。围墙里边是颇有威望的宾大医院，外边是费城综合医院，是面向费城穷人的慈善医院。它被戏称为“老布洛克利”，这个称呼源于曾经拥有医院所在的这片土地的家族。费城在1832年买下这块地，建造了疯人院、济贫院，以及费城综合医院的前身。

1880年代，当时宾大临床医学系的主任，著名的加拿大医生威廉·奥斯勒，经常带着一群医学生穿过费城综合医院的病房，在床边演示如何给患者做检查——这在当时是一种与基于课堂的医学教育不同的新颖做法。在那堵巨大黑墙的后边，奥斯勒管理着一间特殊“验尸房”里的尸检工作。

1920年，疯人院和济贫院拆除了，剩下费城综合医院的前身。那所医院很大，有二十多栋楼——大多是庞大的砖砌建筑——占地26公顷。费城综合医院的资金几乎全部来自费城政府，因而必须服务费城的市政雇员；警察、消防员，以及其他公务员都有自己的病房。但是，这所医院的患者绝大部分是无处可去的穷人。他们大多是黑人；1955年，医院门诊接待的患者中，3/4是非洲裔美国人。[289]

黑人们喜欢去费城综合医院，是因为医院依靠市政拨款，不得不执行明确禁止歧视的政策。[290]非洲裔美国妇女尤其喜欢这家医院，她们无视自己的社区医院，从费城各地来到这里。不像其他医院那样，费城综合医院不问患者的经济状况，而且半数患者都能免费接受治疗。每位患者都被尊称为“太太”或“先生”。在产科病房生孩子的单身女性几乎不会遇到窥探的、审判式的问题。这些病房中有1/7的女性因为接受非法堕胎手术而患重病，但是也不会遭人窥探和审判。[291]

1955年，费城综合医院新建了一栋产科大楼，帮助应对1950年代该院里每年37%的出生率增长。第二年，医院又新建了两间婴儿室，一间用于足月出生的婴儿，另一间用于早产儿。早产儿室里的床位很快就从38个增加到了62个。产科患者绝大多数都是非洲裔美国人；1960年，在费城综合医院分娩的近5000名女性中，94%是黑人。[292]

1960年代初，费城综合医院是一个雄心勃勃的地方：一份发表于1961年底的十年报告称，医院新建了多栋建筑，翻新了老旧的设施，“开始作为重要的研究中心获得承认”，报告以此为豪。[293]1955年，费城综合医院设立了“费城综合医院研究基金”，鼓励员工更活跃地参与研究。这份报告显示，费城综合医院拥有大量患者，还有来自费城多家医学院的签约医生为患者提供服务，所以“特别适合”进行科学研究，报告称，如果有几份重大的经费申请得以获批，费城综合医院将跃入研究机构的“主要联盟”。[294]

科普罗夫斯基已经利用了费城综合医院支持研究的计划。保罗·捷尔吉——一位发现了几种B族维生素的著名营养学家，费城综合医院的儿科主任——为科普罗夫斯基打开了大门，允许他和他的研究人员使用医院早产儿室里的婴儿。从1959年1月开始——当时科普罗夫斯基仍在忙着击败萨宾，获得脊髓灰质炎活疫苗的许可——直到1961年6月底，科普罗夫斯基、普洛特金，以及威斯塔研究所的其他研究人员，不时与费城综合医院、费城妇幼福利部的医生合作，将科普罗夫斯基使用猴细胞制备的脊髓灰质炎疫苗喂给了几十名早产儿，这些婴儿中最轻的只有1.75磅。[295]

从普洛特金的话来看，研究人员在进行这些实验性接种前，不太可能获得婴儿父母的许可。[296]在关于这些试验的论文中，他们也没有提及这件事。他们感谢捷尔吉提供婴儿室和其中的婴儿，还感谢费城综合医院的护工，以及两位提供了帮助和合作，但并非论文作者的医生。[297]

他们在其中一篇关于这些试验的论文中写道，他们研究为什么有些新生儿难以发生脊髓灰质炎活疫苗的肠道感染——疫苗要成功激发抗体，这种感染很必要。他们还研究，婴儿在宫内从母体获得的抗体如何影响他们自身对接种的反应。

在他们始于1959年的第一项研究中，这些科学家发现92%的婴儿被疫苗病毒感染，但是只有59%对感染有反应，产生了保护性抗体，而且与那些甚至只有两三月龄的婴儿相比，他们的反应也“明显”更弱。[298]

不过，普洛特金在2015年接受采访时回忆，这项试验的要点是，给59%的早产儿提供一些对脊髓灰质炎的防护，这比不给他们提供任何防护好得多。[299]尽管早产儿很少出现病毒感染，但是几位作者也在其中一篇论文中承认，这些婴儿中“确实会出现”异常严重的感染。[300]

三年后，他们的考虑并没有改变。野生脊髓灰质炎病毒仍然在传播——1961年有988名美国人因脊髓灰质炎瘫痪——所以他们认为给包括早产儿在内的新生儿接种是重中之重。[301]诚然，6月龄以下的婴儿体内残存来自母体的抗体，会在疫苗病毒激起免疫应答，使婴儿产生自身的抗体之前，就将疫苗病毒消灭，进而可能让接种不那么成功。但是，普洛特金在2015年说，权衡的结果是：如果不在婴儿被约束在婴儿室里时接种，以后就再也没有机会给他们接种了。

所以，带着科普罗夫斯基用海弗利克的人二倍体细胞制备的疫苗，威斯塔研究所的研究人员开始给几十名足月和早产婴儿接种。他们的早产儿来自费城综合医院，当时的儿科主任仍然是保罗·捷尔吉。

普帕尔受聘来给早产儿接种和抽血。他们会在医院里待几周——比足月婴儿待的时间长得多——如果母亲配合的话，他们还会来门诊做几个月的体检，以便再抽血来衡量疫苗的抗体应答。

普帕尔第一次到费城综合医院的早产儿室时，就立即明白了难处在哪儿。像母熊一样守护着婴儿室的护士长是一位五十来岁的瘦削女人。她戴着浆洗过的白帽子，灰白的头发经常盘成一个圆髻，不苟言笑。她看了看19岁的普帕尔，虽然一言不发，却很清楚地让普帕尔明白了，她是被迫让普帕尔接触她的孩子的——她总是把那些婴儿称为“我的孩子”。

“在你按照她的要求洗手时，在你穿上罩衣时，她都站在你旁边，”普帕尔在2014年接受采访时回忆道，[302]“之后她才会把婴儿带

过来。”普帕尔会将小试管里的黄色疫苗倒进婴儿的咽喉。然后，在护士长的逼视下，他拔开空试管的软木塞，取出柳叶刀。

婴儿要么躺在桌上，要么被其他人抱着，普帕尔在婴儿脚跟柔软的皮肤上切开一条大约1/4英寸的口子。他迅速放下柳叶刀，拿起试管，用试管口反复刮切口，收集能够挤出来的每一滴血。他需要至少一毫升血，才能测出婴儿的抗体水平。这大约是1/10茶匙的量，但是婴儿只有三磅，所以说起来容易做起来难。一开始婴儿肯定会大哭，这会加快血液循环，让切口流血。但是，婴儿常常哭一会儿便睡着了，这就有问题了，因为切口处的血流会变慢，最后停止。

“你最不想见到的就是婴儿睡着了，因为那样他们就不会流血。”普帕尔回忆道。所以，他会趁护士长不注意时，拍打婴儿的腘窝，“尽量让可怜的孩子感到疼痛，让他醒过来”。有些婴儿还是不会醒来，他只好在没有采集到足够血量的情况下回到实验室。不过，他得手的次数也足够多。

在费城综合医院和威斯塔研究所之间往返跑腿，穿过那堵隔开医院和大学的黑色大墙上的缺口时，普帕尔多次问自己，为什么科普罗夫斯基会用早产儿测试脊髓灰质炎疫苗？但他只是一个高中毕业的孩子，而下达命令的科普罗夫斯基却是神一般的人物。科普罗夫斯基要这么做，肯定有合理的原因。于是，普帕尔打消了疑虑，继续工作。

他的工作并不局限于费城综合医院。威斯塔的研究人员正在为当年7月将在日内瓦召开的一场史无前例的会议准备数据，在这次会议上，由世卫组织召集的许多专家将考查海弗利克的人二倍体细胞用于生产疫苗的潜力，并向世卫组织总干事提出相应的建议。为这些专家提供数据很重要，而且数据越多越好。

所以，1962年春，普帕尔也驾驶着他那辆豆绿色的1956年款雪佛兰羚羊，挡风玻璃上贴着一张“医学技术员”停车许可证，去克林顿农场采集足月婴儿接种前和接种后的血样。他还被派去第三个目的地，去那里要沿着伍德兰大道走三英里；伍德兰大道是一条拥堵的商业主干道，从宾大通往费城西南部。那里有海弗利克童年时居住的社区，普帕尔要去一栋全新的红砖大楼——圣文森特妇幼医院。

这家医院由费城大主教区运营和资助。1858年建立时，它是一所收留“不幸婴儿”的天主教养育院。1885年扩建时，它增建了一所留产院。但是，1959年，那栋庞大而不规则的维多利亚式大楼拆除了。人们称新建的大楼为“圣文森特未婚产妇院”，但这并不是它的官方名称。一侧翼楼高四层，里面设立了许多宿舍一样的房间，几乎住满了

待产的女孩或妇女。另一侧翼楼高三层，有22个床位，是一间产科医院，产妇在这里分娩。[303]

在那个年代，怀孕的女孩和妇女经常突然从社区消失，几个月后又回来了，讲些在欧洲逗留或看望生病亲戚的故事，未婚产妇院里每天都住着大约60名女孩和妇女。[304]她们的情况各不相同：有一位十二三岁的强奸案受害者；有一位穿着粉色香奈儿套装、戴着粉色小圆帽、打车过来的漂亮空姐；还有一位声名显赫的天主教政治家的未成年女儿，这位政治家秘密地与主教做好安排，让他的女儿用假名入住。

在养育院和医院里工作的是身穿黑衣的医学传道修女，在她们的关注下，这些年轻女性接受教育，做家庭作业，上手工课，抱怨无尽循环使用的产妇服，参加弥撒，并服用孕妇维生素。她们期待着每周日放风；那时，她们获许沿着伍德兰大道走去买肥皂、牙膏和洗发液。她们说服彼此不要逃跑——据说被抓住的逃跑者最终会关进监狱。

她们中的许多人都知道，自己永远也不会抱到，甚至看到自己的孩子；孩子们会被人收养，女孩或妇女们只能知道孩子的性别，以便她们给孩子取名。[305]

和克林顿农场一样，圣文森特医院吸引了威斯塔的研究人员，因为在那里可以进行追踪研究。除新生儿养育室以外，还有一个容留较大婴儿的养育室，里面有60个床位。这些婴儿中有一部分会在医院里住几个月，等待天主教儿童事务局为他们寻找寄养家庭或愿意收养他们的父母。1962年，医院人满为患，平均每晚容留84名婴儿。[306]婴儿满1岁会转到圣文森特儿童之家（它也会在本书中扮演一定角色）。儿童之家在未婚产妇院后面，位于旁边的格林威大道。

玛丽·雅各布是一位35岁的医学传道修女，面带调皮的微笑。几年前，在科普罗夫斯基的研究人员最初想给那里的孩子接种猴细胞脊髓灰质炎活疫苗时，她正管理着圣文森特医院。当时是1959年，她向他们表达了对活疫苗安全性的担忧。在那之前不久，她读到过美国公共卫生局局长认为活疫苗还不适宜获批的评论。[307]因此，她拒绝了他们的请求。

威斯塔的研究人员找到她的上级大主教枢机主教约翰·奥哈拉，再次提出请求，但是她给奥哈拉写信说，她也要遵守一项约定。“每个入院孩子的父母都书面同意‘接种疫苗和接受任何必要的手术’。”她争辩道，但那只包括“正常的”接种和手术，不包括实验性的。[308]

71岁的大主教，圣母大学前校长是出了名地有求必应（“我还能怎么对待穷人？”他曾经这样问。），[309]他同意玛丽·雅各布修女的看法，在给她的回信中也如此表示。

“如果是我看管圣文森特的孩子，却让他们测试药品和处理措施，我会良心不安，”奥哈拉给玛丽·雅各布写道，“我始终难以摒除偏见，即认为我们的研究团队之所以想用那些婴儿，是因为他们数量总是很充足，而且条件适合，可以用作多类型的对照。”[310]

1960年初，科普罗夫斯基再次尝试，他直接写信给奥哈拉，劝奥哈拉允许试验用猴细胞制备的疫苗。“我们给圣文森特医院的婴儿接种疫苗，主要是想保护他们。”他这样写道，还说在多次试验中已经有2500万人接种了实验性的脊髓灰质炎活疫苗。他补充道，在费城综合医院的婴儿身上，我们“已经证明这种疫苗可以提供持久的——或许是终身的——免疫力”。他很愿意亲自过去与大主教讨论这件事情。[311]

科普罗夫斯基在这封信中将他善于操纵的能力发挥到了极致；那些婴儿接种疫苗才一年，他就说有“持久的”或“终身的”免疫力，这是不准确的。

奥哈拉询问了玛丽·雅各布修女的意见。

“没有孩子父母的具体书面许可，不应该进行这种研究，”她坚持道，“在目前的情况下，我们不可能得到婴儿父母的书面许可，所以推荐这种研究是不可取的。”[312]

“亲爱的嬷嬷，”1960年3月，奥哈拉在收到信几天后回复玛丽·雅各布修女，“我很感激您的来信……既然您不建议开展科普罗夫斯基医生的研究项目，那我就写信告诉他不给批准。”[313]

六个月后，1960年8月，奥哈拉去世，接替他的是约翰·约瑟夫·克罗尔。一年后，1961年夏末，美国政府批准了萨宾的脊髓灰质炎活疫苗。或许是因为这项批准使得活疫苗合法化，或许是因为克罗尔是个坚定的保守派，乐于捍卫等级权威，所以威斯塔的研究人员在1962年春得以进入圣文森特医院，给那里的婴儿接种使用胎儿细胞制备的实验性脊髓灰质炎疫苗；普帕尔则去给婴儿抽血检测抗体水平。（在圣文森特医院和克林顿农场，是护士给婴儿喂疫苗，将黄色的液体倒进婴儿嘴里。他回忆说，在费城综合医院，这项工作由普帕尔来做，因为研究人员不信任那位护士长。）[314]

到1962年7月5日，使用海弗利克的人细胞制备的脊髓灰质炎疫苗，被威斯塔研究所的团队喂给了132名早产和足月婴儿，他们有的才出生，有的已经几个月大。普洛特金、诺顿，以及威斯塔研究所的病毒学家兼兽医理查德·卡普，在一份于当日提交给在日内瓦参加世卫组织会议的专家的研究报告中，汇报了关于疫苗接种的数据。

他们表示，有2/3的婴儿其粪便中检出了疫苗病毒，这说明发生了肠道内感染，婴儿产生了抗体。关于意外，他们写道："132名婴儿中，没有任何人出现不良反应。"他们说，疫苗的基因很稳定。也就是说，实验室检测显示，接种婴儿粪便中的病毒没有变异为毒性更强的脊髓灰质炎病毒。[315]

至于普帕尔辛苦采集的血样，通过这些样本分析出来的婴儿抗体水平数据——抗体增加是疫苗有效性的黄金标准——从未公布。威斯塔的科学家没有向世卫组织报告婴儿的抗体水平，也没有在任何医学论文中提及它。我们不知道原因是什么。但是，在1962年日内瓦的那场会议上，海弗利克的人二倍体细胞受到了热烈欢迎。

参加日内瓦的那场会议前不久，海弗利克才过了34岁生日。这位还不够年纪竞选美国总统的年轻人，在过去三年里取得了非凡的成就。他建立了第一个能够自我复制的人细胞株，经过显微镜下的仔细观察，它被确定是正常二倍体细胞。他发现了过去五十年里生物学家未能注意到的现象，即培养皿中的正常细胞不能永生，它们必然会老化，最终在培养基中死亡。他断定，这些会死亡的正常细胞的对应物是正常的、会老化的活人细胞。他已经证明，来自人胎的正常细胞没有潜藏病毒，可以被数十种致病的病毒感染。他认为这些细胞很有用，能够帮助实验室中的生物学家，能够让疫苗生产者不再使用猴细胞。在他提出这种想法时，人们正好发现数千万美国人接种的脊髓灰质炎疫苗遭到了潜藏的SV40污染。

海弗利克甚至使用这种人细胞，制备出了一种看似安全和有前景的脊髓灰质炎疫苗。世卫组织的委员会在日内瓦开会时，海弗利克正在培养一个他希望能够持久的人胎细胞株：WI—38。如果运气好，再加上坚持，它可能成为疫苗制备的标准细胞株。

那年夏天，海弗利克从日内瓦返回时，完全有理由为自己的成就感到高兴，也完全有理由乐观地认为自己的新疫苗技术将帮助疫苗产业渡过难关。他没有预料到有人会给他带来很大的阻碍。这个人在国家卫生研究院工作，名叫罗德里克·默里。

罗德里克·默里是国家卫生研究院生物制品标准部的主管，是那个

动荡时代中美国的顶层疫苗监管者。他是一名毕业于哈佛大学的医生，出生在新西兰，成长于苏格兰和南非，性格内向。他宽下巴，薄嘴唇，口音虽然透露不出他来自什么地方，但也很浓重。他就像他所在的大楼那样苍白和乏味；他的办公楼是29号楼，一栋五层高的极简红砖建筑，坐落在马里兰州贝塞斯达的国家卫生研究院园区内的一座小山上。政府在1960年匆忙建起了这栋楼，以容纳不断壮大的生物制品标准部。1955年，卡特公司出了事故，活体脊髓灰质炎病毒导致许多接种了索尔克疫苗的儿童瘫痪，病毒还传播到了他们的家里和社区；那之后，政府在疫苗监管方面显然人手不足。于是，生物制品标准部便大幅扩张。1955至1963年间，生物制品标准部的人员从54人增加到249人。默里在新楼一层的角落办公室里主管着这个部门；他是在卡特事件后几个月内晋升为该部门主管的。

卡特事件期间，默里是疫苗监管部门的副主管，事件之后他不太愿意去顶层的职位。但是，政府让他担任部门主管，他必须接受，因为他是美国公共卫生局军官团的成员，而这个军官团是准军事部门，拒绝任职无异于违背军令。詹姆斯·香农，国家卫生研究院的新院长，或许很快就意识到了默里不适合这个职位，因为他不久就将约瑟夫·斯马德尔安排到生物制品标准部，以便留意默里。基本上，斯马德尔让默里去做什么工作，默里就去做什么工作，直到1963年斯马德尔突然因肾癌去世。[316]

在卡特事件之前很久，默里已经近距离目睹了另一场与乙肝有关的疫苗灾难，乙肝在当时是一种极为恐怖的疾病。这种经常会致命的慢性肝炎，已知是由一种通过体液传播的病毒引起的，但是这种病毒还未在实验室中分离出来，也没有针对乙肝的血检。这意味着无法筛选供应的血液以去除这种病毒，因为它的潜伏期很长，携带者在这期间没有症状。（一旦发病，患者的皮肤和巩膜会变黄，这种症状叫作黄疸。皮肤和巩膜黄染，是因为患者的肝脏无法排泄一种叫作胆红素的黄色废弃物。）

第二次世界大战期间，默里作为美国陆军的一名少校，在南太平洋的一间医学实验室服役了几年。他负责制定血浆生产标准，伤员对血浆的需求很大。因此，他十分清楚1942年那次5万军人感染乙肝的悲剧事件。军人们接种的黄热病疫苗被来自乙肝病毒携带者的血浆污染过；血浆是作为疫苗稳定剂使用的。其中100至150人死亡。[317]（受污染的疫苗是纽约市洛克菲勒研究所生产的，其使用的血清由纽约市民和约翰斯·霍普金斯大学的学生、教职工捐献。）[318]

战后，默里加入了国家卫生研究院的生物制品控制实验室（生物制品标准部的前身），成了乙肝研究专家。1951年，他和实验室的同

事证明，来自表面上健康的乙肝病毒携带者——未出现皮肤和巩膜黄染等肝炎症状的人——的血浆输入健康人体内，确实会导致乙肝这种在当时无法治愈的疾病。他们在实验中将来自疑似乙肝病毒携带者的血液注射给60名年轻、健康的“志愿”囚犯，这些囚犯来自华盛顿麦克尼尔岛和宾夕法尼亚州刘易斯堡的监狱。其中21名囚犯患上了乙肝。肝脏检查还显示，有6名囚犯尽管没有出现黄疸，但也感染了乙肝。关于这次实验的论文发表于1954年，即默里晋升为生物制品标准部主管的前一年。[319]

医生故意给人注射有害甚至致命的病毒，这在今天看来令人震惊。在科普罗夫斯基和海弗利克的脊髓灰质炎疫苗实验中，研究人员至少可以辩护说，其中的脊髓灰质炎病毒已经减毒，接种疫苗可以给婴儿带来好处。在默里对囚犯进行的实验中，那些年龄在21至35岁之间的健康囚犯得不到任何益处，反而受伤害的风险极大。默里和另外四位合作论文的医生曾经宣誓遵守希波克拉底誓言，但是他们的实验却是对誓言的公然违背。（人们经常错误地认为，希波克拉底誓言要求新医生“首先，不要造成伤害”；但是，誓言其实是要求新医生“弃绝各种害人及恶劣行为”。）

但是，同样真实的是：这项用囚犯做的实验由国家卫生研究院的生物制品控制实验室发起；实验由美国陆军部资助，得到了司法部，尤其是联邦监狱管理局的支持；实验结果发表在医学期刊《美国医学会杂志》上。也就是说，这家医学研究机构公开地支持和赞助了这项实验。

默里的实验并非个例；在第二次世界大战期间以及战后十年，还有数十个由美国医学研究人员开展的、在今天看来令人震惊的类似实验。在大多数情况下，他们的实验对象都是边缘群体：医院慈善病房里的穷人、有色人种、囚犯、濒死的癌症患者，以及福利机构里的孤儿和智障人士。在大多数情况下，这些实验对象并不知道自己的处境，也不知道自己有受伤害的风险；他们没有能力，也没有机会在自由、知情的情况下表示同意参加实验。

历史学家戴维·J.罗斯曼在他的杰作《床边的陌生人》中，解释了战时的紧迫氛围和各种威胁如何迅速而轻易地导致研究人员在政府的资助下，牺牲了许多作为个体的人，以追求心目中造福人类的更高目标——具体来说，就是不顾一切代价，确保前线军人健康，随时能够作战。公众也坦然接受了第二次世界大战期间的实验；每个人，甚至囚犯和缺乏自理能力的精神病患者，都能够也应该为战争作出自己的贡献。[320]对那些“自愿”为这种更高尚目标作出贡献的囚犯，媒体还赞扬了他们。[321]

因此，第二次世界大战期间，后方的医学研究人员通过故意感染年轻的罪犯，测试实验性的流感疫苗；尝试让囚犯感染淋病，以研究预防性治疗方法的有效性；给俄亥俄州海陆军人遗孤院的青少年注射大剂量的志贺氏菌——它会导致严重腹泻——试图让他们对其免疫。（那些青少年确实产生了抗体，但也病得很重，研究人员因而放弃了最初接种疫苗的想法。）[322]进行这些实验的研究人员不是局外人，不是被派去承担主流科学家不愿意承担的必要之恶。他们都或是很有成就的科学家，如费城儿童医院的杰出病毒学家维尔纳·亨勒，或是初露头角者，如乔纳斯·索尔克。[323]

第二次世界大战后，1950年代的多项重大进展——青霉素是典型代表——驱动了美国政府的全力猛攻；政府在国会的热情支持下，想像打败希特勒那样，打败疾病。这场猛攻中的新勇士是医学研究人员。他们的主要资助机构是政府的国家卫生研究院；1953年它在园区内建起了一座大型国家卫生研究院临床中心，拥有500个床位。这家医院专门用于研究那些既是患者也是实验对象的人们。

有的研究人员受科学探索驱动，有的研究人员以治疗患者和保护患者的健康为目的，但是国家卫生研究院没有区分这两种研究人员，认为一个人能同时扮演两种角色，不会有任何利益冲突。所以，国家卫生研究院没有宣传任何关于知情同意的规定，临床中心的研究人员——就像全美国受国家卫生研究院资助，但不属于该研究院的科学家那样——没有义务将实验的风险告知那些参与实验的患者，甚至没有告知他们，他们是实验对象。[324]

考虑到这一背景，很少有人在罗德里克·默里晋升为政府的疫苗监管机构生物制品标准部的主管时觉得不妥，也就不奇怪了。而正是在他晋升的前一年，他与同事在《美国医学会杂志》上发表论文，宣布他通过让健康的年轻人感染会威胁生命的乙肝病毒，从而证明了乙肝确实是一种通过血液传播的疾病。

“受试者是志愿参与实验的。”默里与合作者在论文的脚注里写道，“我们十分感激这些志愿者提供的服务。”[325][326]

年轻的医生和科学家露丝·基尔希斯坦，后来成为生物制品标准部里与默里最亲近的人。她在晚年回忆说：“默里医生……有过一次很不幸的经历。许多人在参与他的研究后因肝炎去世了。”她紧接着又补充道：“他是一位特别好的研究者。”[327]

同样不奇怪的是，默里即使以前不是一个慎重的人，在1959和1960年也变得极其慎重，那时海弗利克已经建立了25个人二倍体细

胞株，接下来还会在1961年建立WI—26，在1962年建立WI—38。那时候，默里已经近距离见证过1942年那场黄热病疫苗危机。1950年代初，他自己就让至少20名健康的年轻人患上了乙肝。他平安地渡过了卡特公司的脊髓灰质炎疫苗事件。他见到自己在生物制品标准部的前任威廉·沃克曼因为灾难性事件而被迫下台。现在，他正忙于处理索尔克疫苗中发现潜藏猿猴病毒SV40这件事情带来的影响。他完全有理由想避开风险。

按照从1963年开始在生物制品标准部工作的病毒学家保罗·帕克曼的说法，默里就是那样的。在生物制品标准部内部，大家都知道默里桌子左边放着一堆夹着蓝色复写纸的文件。那堆文件是等待决定的行动项；在生物制品标准部的许多人看来，默里在做决定时拖延得令人痛苦，但是又丝毫不愿意把任务委托给其他人。

按照从1959年起在生物制品标准部工作了数十年的约翰·芬利森的说法，默里在遇到阻碍时，对策是“冷处理，问题就会消失”。[328]

默里也很难接近。“他自视甚高，特别骄傲。”基尔希斯坦回忆道。[329]

1961年12月，海弗利克发表了那篇里程碑式的论文，描述他研发的前25个人二倍体细胞系，指出这些细胞在培养基中不可避免地会老化和死亡。此时默里开始关注海弗利克的人胎细胞，他作为专家，知道一些关于肝炎的令人担忧的事情——有些婴儿生来就患有乙肝。现在人们知道，新生儿会在出生时，而不是在子宫里，从母亲那里感染乙肝。但是，当时的人们并不知道这一点。在默里看来，海弗利克的每一个人二倍体细胞系都有可能来自感染了乙肝病毒的胎儿。当时没有针对乙肝的实验室检测，所以他担心海弗利克没有办法反驳。

除了存在潜在的肝炎感染风险以外，让默里担心的可能还有一种观念，即人细胞可能会通过某种潜藏的、致癌的病毒将癌症传到疫苗里；当时，国家卫生研究院正斥巨资寻找这种病毒。

宗教或道德观念是否也影响了默里对使用人细胞制备疫苗的观点，我们不得而知。但是，生物制品标准部的人都知道，默里特别反对教权主义；国家卫生研究院的院长、虔诚的天主教徒詹姆斯·香农每次坚持要在公开典礼上祷告时，默里都表示反对。

无论他的观点是什么，默里当时都位居一个对公众负责的职位。海弗利克和穆尔黑德那篇重磅论文发表，建议使用人细胞制备病毒疫苗，“尤其是制备脊髓灰质炎疫苗”，这给默里提出了一个难题。默里

身处SV40危机当中，需要回应海弗利克。他要是不同意制药公司使用新的人胎细胞，需要给出充分的理由。

就像如今许多掌权者在面对棘手问题时做决策一样，默里也把问题外包出去了。1962年1月，也就是海弗利克和穆尔黑德发表论文的次月，默里召集了国家卫生研究院的八位专家，研究海弗利克的人二倍体细胞，讨论与使用猴肾细胞相比，使用这种细胞来制备病毒疫苗有什么前景，或者说有什么危险。这些专家颇有威望，如细胞培养方面的泰斗威尔顿·厄尔，以及斯马德尔——他极其支持索尔克疫苗，曾经竭尽全力压制伯尼斯·埃迪的发现，即恒河猴肾细胞中的某种物质使仓鼠患癌。

一年后，1963年1月，这几位科学家给了默里答案；他们在顶级期刊《科学》——美国科学界的非正式内部刊物——上发表了一篇长达六页的难懂文章。[330]

这篇论文承认学界对人二倍体细胞的关注最近在猛增，认为可以“进一步研究”这类细胞在疫苗制备中的潜在作用，却又警告说这类细胞“无论是遗传学方面，还是其他方面的特征都没有得到准确描述，特性可能随机波动”。并且，论文明确表示，这类“随机波动”可能有害。

“连续培养的细胞最终会出现恶性变化的征兆，这在理论上可以归因于某种还未明确的病毒活动。”委员会宣布，“即使还未证明这些特别的变化与病毒有关，我们仍无法绝对保证，连续培养细胞中的某个细胞株永远不会……在某种环境下……产生某种此前未知的、对某些细胞而言有传染性和（致病性）……的病毒。”[331]

也就是说，没人能举反证。海弗利克的细胞仍然需要达到他们那种绝对标准，尽管新采集的猴肾细胞已经证实存在缺陷，而且这种缺陷造成了巨大的损失。

海弗利克以自己最强硬的方式还击。他找到以前在加尔维斯顿的导师、细胞培养专家查尔斯·波米拉，以及受人尊敬的染色体专家徐道觉，获得了他们的支持；他与穆尔黑德同这两位专家合作的论文几个月后发表在《科学》上，逐条反驳了委员会的发现。[332]

但是为时已晚。默里现在已经有了官方的批准，即国家卫生研究院的八位专家发表在美国顶级期刊上的集体智慧，他可以拒绝海弗利克的细胞。

大西洋彼岸对人二倍体细胞的接受情况则完全不同。甚至1962年夏，才孵化出来的WI—38细胞还在海弗利克实验室的隔壁培养时，世卫组织就召开了关于人二倍体细胞的专家会议。

八个月前，世卫组织召集了六个国家的科学家研究海弗利克建立的细胞。[333]（他们研究的是WI—26，因为前25个WI细胞系在冷柜事故中毁掉了，而WI—38细胞还没有最终研发出来。）那是7月中旬，日内瓦湖畔天气晴好，科学家们用了三天时间坐下来认真审查他们的研究结果。主持会议的是卡罗林斯卡学院病毒学部门的主任斯文·加德，参会的有海弗利克，还有弗兰克·珀金斯，一位身材魁梧、性格外向、一头银发的英国科学家。他带着许多写有笑话的提示卡，有些笑话还很低俗。在开会或者吃饭时，如果场合需要，他会抽出一张卡片，读出上面的笑话。珀金斯对海弗利克的人二倍体细胞印象深刻，很快就成了海弗利克的重要盟友。他的观点很重要，因为他是英国顶层的疫苗监管者。

这些由世卫组织召集的专家在一份书面报告中断定，人二倍体细胞有助于研究人员诊断病毒性疾病——这对世卫组织而言很有用，因为它的工作就是追踪全世界的传染性疾病。[334]例如，使用人二倍体细胞，追踪疾病的专家可以取得一位呼吸道感染患者的痰液样本，然后基于该样本对培养皿中细胞造成的损害，确定致病的罪魁祸首。当时，科学家已经发现了近百种能够感染人二倍体细胞的人病毒。这类细胞可被范围极大的病毒感染，这点不同于其他实验室培养的细胞，后者不会对如此多种类的病毒适用。[335]

对疫苗制备而言，世卫组织的这些专家写道，人二倍体细胞显然不含有污染性的微生物，没有致癌性，这点“尤其重要”。是的，它们可能含有当前工具无法检测到的未知传染病或具有致癌性。但是，这些科学家总结道，与其他选择相比，人二倍体细胞在疫苗生产方面是“目前通往较完善体系的最佳途径”。[336]

他们敦促世卫组织总干事为基于人二倍体细胞的疫苗制定生产标准，因为“可以预期，人二倍体细胞将越来越多地用于疫苗生产”。[337]

在瑞典、瑞士和克罗地亚，人二倍体细胞已经投入使用。1961年底，海弗利克已经生产出更多科普罗夫斯基的脊髓灰质炎活疫苗，这次使用的是他最近建立的WI—26细胞。他把那些装在小试管里的疫苗交给科普罗夫斯基，科普罗夫斯基又将它们寄给欧洲的两位同行——玛加丽塔·伯蒂格，她是斯文·加德在斯德哥尔摩的实验室里的脊髓灰质炎试验领军人物；以及伯尔尼的弗里茨·布塞尔，一位矮瘦、专

注的儿科医生。

几个月后，海弗利克又制备了更多科普罗夫斯基的脊髓灰质炎疫苗，他这次使用的是全新的WI—38细胞。他将这些疫苗寄给了科普罗夫斯基的另一位合作者，一位叫德拉戈·伊基克的克罗地亚人，他高个子，少言寡语，说话时面带微笑。

德拉戈·伊基克是医生和科学家，在萨格勒布管理着著名的免疫学研究院。他最近才从克罗地亚顶层的疫苗监管部门离职，与该部门还保持着密切的联系。他将成为人二倍体细胞疫苗的重要倡导者。1967和1968年，由于他的影响，南斯拉夫将成为首个批准使用WI—38细胞制备疫苗的国家，批准的两种疫苗是脊髓灰质炎疫苗和麻疹疫苗。

伊基克、布塞尔和伯蒂格这三位欧洲医生，着手在婴儿和儿童身上试验海弗利克使用WI—38细胞制备的脊髓灰质炎疫苗。在准备好宣布试验结果时，他们得到了一个很大的讲台：1963年9月，来自18个国家的96位代表在克罗地亚沿海的度假城镇奥帕蒂亚开会，会议主题是人二倍体细胞的研究和用途。当时，伊基克、布塞尔和伯蒂格已经为近6000名婴儿、学龄前儿童和学龄儿童接种了疫苗。

他们对自己的研究发现满腔热忱。伯蒂格报告道，在将新疫苗混在果汁中喂服给乌普萨拉125所小学的儿童后，新疫苗产生的抗体水平和基于猴细胞制备的疫苗一样高。[338]

“从接种过疫苗的个体，我们没有观察到任何出乎意料的反应，没有任何与病毒相关的反应，也没有任何副作用。”布塞尔说道。他将疫苗喂给了800名瑞士的婴儿和儿童。[339]

“我们最重要的观察目标之一是传染性肝炎。”伊基克说道。1963年春，他给5000名克罗地亚的学龄前和学龄儿童接种了疫苗。（他首先在萨格勒布的免疫学研究院的179名职员身上测试了疫苗。）“基于收集到的信息可以断定，人二倍体细胞株（Wi—38）［原文如此］不包含传染性的肝炎病毒。”[340]

这些结果或许鼓舞了科普罗夫斯基那种根深蒂固的乐观，1963年12月，他与海弗利克、普洛特金挤在他的办公室里，写信给他的波兰裔同乡C.马科维亚克。马科维亚克昵称“马科”，是法国疫苗审批机构的主管。法国里昂的疫苗制造商梅里厄研究所正在咨询信息，想使用WI—38细胞制备科普罗夫斯基的脊髓灰质炎疫苗。

“亲爱的马科，”科普罗夫斯基写道，“WI—38细胞已经满足了用

人二倍体细胞株生产疫苗的所有要求。”美国公司没有用这种细胞，他补充道，原因仅仅是监管疫苗的生物制品标准部“选择了无视”猴肾细胞的缺陷。“我们确信，如果［使用WI—38制备脊髓灰质炎疫苗的］疫苗生产商［向生物制品标准部］申请许可，默里博士不可能拒绝。”[341]

在贝塞斯达，寡言少语的默里并未表现出任何愿意发放许可的迹象。美国的疫苗制造商也不觉得他会回心转意。

第二部分　风疹

第九章　敌人显现

澳大利亚，**1941**年

英格兰伦敦，**1962—1963**年

尽管人们对最初几例白内障的不寻常出现感到震惊，但是只有在类似的病例继续出现时，人们才开始认真考虑它们的成因。

——诺曼·麦卡利斯特·格雷格，澳大利亚眼科学家，1941年[342]

1941年初，澳大利亚悉尼一位事业有成、高大健壮的眼科医生，注意到自己诊室里接待的眼盲婴儿数量急剧增加，这令人警觉。

诺曼·麦卡利斯特·格雷格很擅长板球、高尔夫球和网球，头脑也很敏锐。他1915年从悉尼大学医学专业以优等生毕业，随后参加第一次世界大战，作为皇家陆军医疗队上尉在法国服役。他曾经冒着敌人的枪林弹雨去搜寻和照料伤员，获得了“杰出勇士”勋章。

战后，格雷格在英国完成了眼科住院医生实习后回到悉尼，在那里开设了一家成功的私人诊所。他对懒汉和蠢货的容忍度很低，却对患者十分善良热情，总是认真倾听患者的故事。他的热情富有感染力，他也有一颗好奇、敏锐的心。[343]

1941年初，格雷格49岁，他开始谢顶，戴上了眼镜，担任了位于悉尼的皇家亚历山大儿童医院的高级眼科医生。那年上半年，眼盲婴儿数量开始增多，一个接着一个。到6月，他已经接诊了13名眼盲婴儿——对于一座只有百万居民的城市来说，这个数字大得异常。

这些婴儿患的都是白内障——眼睛中的晶状体本应该是透明的，却呈浑浊的乳白色。（晶状体是一个无血、无神经的椭圆形结构，成人直径约为一厘米。它位于瞳孔之后，形状会变化，以帮助眼睛聚焦

近处或远处的物体。）婴儿的父母说，他们出生时晶状体就呈浑浊的白色。这让本应该是黑色的瞳孔看上去像是白色的。

格雷格把药水滴到婴儿的眼中散瞳，瞳孔对光线的反应微弱而缓慢。3月龄以上的较大婴儿转动眼球时，还表现出不流畅、痉挛和无目的。“这是眼球的搜寻转动，说明眼睛没有发育出任何［聚焦］能力。”格雷格写道。

格雷格接连检查了多名婴儿后，白内障的程度引起了他的注意，这不像他以前见过的先天性白内障。晶状体正中心的白色浑浊很严重，但是越往边缘浑浊越轻，呈云雾状：一层“白色的薄雾”。最后，在晶状体的最边缘，有一部分未受影响的区域。

格雷格知道，在胚胎发育期间，晶状体的中心最先形成，外层稍后形成，就像洋葱的一层层鳞茎。这种白内障的病因无论是什么，都肯定是在胚胎期的早期出现的。

那些婴儿并不只是眼睛有问题。他们通常体型瘦小，营养不良。他们母乳喂养困难，这种问题常见于有心脏缺陷的新生儿中。格雷格请儿科的同事玛格丽特·哈珀来检查其中8名婴儿。哈珀在这8名婴儿的胸骨上都听到了明显的杂音。最终结果是，13名婴儿中有12名都患有先天性心脏病。格雷格很不安，他怀疑自己所看到的并非巧合。当时公认的观点是，所有先天缺陷都是遗传的，是通过基因从父母传给孩子的。谁要是暗示环境因素可能产生了影响，就可能被视为明显不懂科学。但是，新生儿中突然“爆发”白内障，那些婴儿都患有相似的、不同寻常的白内障，并且他们的眼睛和心脏同时出问题，这让格雷格怀疑存在某种共同的、可能与环境有关的病因。

一天，两位白内障患儿的母亲坐在格雷格的候诊室里谈论各自的孩子。一位母亲对另一位说，她在怀孕时患过德国麻疹。她担心是那次生病影响了孩子。另外那位母亲说自己也在怀孕时患过同样的病。就诊时，两位母亲都把这件事告诉了格雷格，问他德国麻疹是不是罪魁祸首。[344]

格雷格一直在寻找线索，而这件事令他猛醒。他仔细询问了两位母亲病史后，又联系了另外11名婴儿的母亲，问她们是否在怀孕时患过德国麻疹。他还联系了关系不错的同事——悉尼的其他眼科专家——问他们最近接诊了多少例先天性白内障婴儿。他们能不能问一下婴儿的母亲们是否在怀孕时患过德国麻疹？他也向澳大利亚东部其他城市——从墨尔本到布里斯班——的眼科医生咨询了同样的问题。

德国麻疹的学名是风疹，英文是“rubella”。这个英文单词来自拉丁语，意为“些许红色”。风疹通常症状较轻，在患者咳嗽、打喷嚏等时通过口鼻中的飞沫传播。风疹的症状包括发热、腺体肿大，以及皮疹。它俗称德国麻疹，因为德国人弗里德里希·霍夫曼在1740年首次描述了这种疾病。[345]（英国医生威廉·梅顿于1815年首次用英文描述了它。）[346]

在皇家炮兵驻印度部队服役的苏格兰人亨利·维尔详细记录了孟买一所寄宿学校风疹爆发的全程，于1866年造出了“rubella”一词。他的研究也将风疹与典型麻疹区分开来；麻疹是一种明显不同的疾病，当时也在那所学校流行。[347]

尽管由于维尔等人所做的工作，风疹在1881年的一场国际医学会议上被正式认定为一种确切的疾病；然而在维尔的论文发表前，以及此后的近一个世纪，风疹都被医生视为一种恼人的疾病，一种“讨厌的麻疹”。他们认为风疹是小病，但是会干扰医生诊断其他更危险的、会出疹子的疾病，尤其是会导致儿童死亡的典型麻疹和猩红热。

实际上，风疹症状很轻，多达2/3的感染者甚至都不知道自己患病了。[348]有症状的患者可能会出现低热，颈部及耳后淋巴结肿大——这些症状会在感染病毒后12至23天出现。对某些人，尤其是年轻女性，风疹可能引起关节疼痛，甚至引发关节炎，导致关节发红、发热、僵硬和肿大，这种关节炎会持续或反复发作数月。对约1/5000的风疹患者，尤其是成人，风疹会引发致死率高达1/5的脑炎。[349]

风疹的标志是粉色或红色的疹子，在接触病毒两周后出现。疹子通常最先出现在面部，随后蔓延至躯干和四肢，偶尔会发痒，持续约三天。

风疹并不像典型麻疹那样传染性强。但是，它肯定会传染。尽管患者在才出疹子时传染性最强，但是在出疹子前后一周，病毒都可以传染。患者即使没有出疹子或出现其他症状，也能传播病毒。

澳大利亚自1939年9月参战，所以格雷格开始接诊那些婴儿时，大量的年轻人生活在极其拥挤的军营里，准备乘船去欧洲和非洲。在拥挤的营房里，传染性疾病很容易扩散。

1940年，澳大利亚爆发了大范围的风疹疫情。这场严重的风疹不同往常，成年人也病倒了。许多患者都有腰部、脚踝阵痛，以及咽喉疼痛的症状。有些患者只是浑身乏力。在悉尼的亨利亲王医院，普通风疹患者的住院时间为八天。[350]

医学专家推测，澳大利亚当时的条件适宜风疹爆发，不仅是因为军营拥挤，还因为战时澳大利亚的许多新兵是从乡村来到城市的，他们在农村可能从未接触过风疹病毒。他们没有抵御风疹病毒的抗体，进而成了风疹流行的温床。随着战争的推进，对风疹没有免疫力的新兵持续不断地来到城市。[351]他们休假回家时将风疹传染给家人、妻子或女友。军工厂和军事机构中的女雇员可能加剧了风疹疫情。

在两位母亲询问自己孩子的病情是否由风疹造成后，格雷格去了大型的亨利亲王医院，到传染病科室查看了风疹患者的住院记录。他的发现证实了自己的怀疑：住院风疹患者最多的时间是1940年6月中旬至8月，离那批不幸婴儿出生的时间——1941年3至5月——相隔正好7至9个月。

格雷格询问了另外11名白内障婴儿的母亲，其中只有1位说自己在怀孕期间没有患过德国麻疹。她还告诉格雷格，她一直忙着照看她的十个孩子，记不得孕期的细节，只记得在孕6周左右生过病。[352]

悉尼和澳大利亚东部其他城市的眼科同行给予的答复，和格雷格期待的一样明白无疑。他的同行接诊了65名白内障婴儿。加上格雷格接诊的，总计有78名婴儿患白内障。这些婴儿中，有68名婴儿的母亲表示在怀孕时患过德国麻疹。剩下的10名中，有5名的母亲表示不清楚，或者说没有患过风疹。在2例中，眼科医生没有来得及询问孩子的母亲。此外，还有1位母亲说怀孕时“肾出过问题”。

在68位确定自己患过风疹的女性中，绝大部分是在孕1至2月患病的。其中大多数人是在1940年7或8月。

对格雷格而言，结论很清楚。1941年10月，他在澳大利亚眼科学会汇报了他的研究，清楚地说明怀孕期间患风疹不仅会使婴儿患白内障，还会造成婴儿心脏缺陷。当时，婴儿中已有15名死亡。尸检显示，一些婴儿有心脏缺陷，大多数缺陷都是心脏附近连接两条主动脉的血管没有闭合，这种病叫作动脉导管未闭。

同年，格雷格在《澳大利亚眼科学会会报》上发表了他的发现，那篇已成经典的文章标题为“孕妇患德国麻疹导致婴儿患先天性白内障”。[353]

格雷格的发现尽管在澳大利亚受到重视，很快就有后续研究，并得到了确认，但是在其他地方却鲜有人关注。一部分原因是，人们的注意力被战争吸引了。另一部分原因是，他反驳当时的公认观点，暗示传染性疾病会导致多种先天缺陷，因而遭到了鄙视。1944年，英国

期刊《柳叶刀》上的一篇社论认为，格雷格的研究是基于回忆的，依赖女性对自己风疹病史的口头叙述。这篇文章认为，格雷格“还不能说他证明了自己的论点”。其他几位澳大利亚人在1943年所做的一项重要后续研究，也遭到了这位社论作者的抨击，被认为缺乏严谨的数据支持；这项研究将母亲怀孕期间患风疹与白内障、失聪、心脏病和小头畸形（这种疾病通常伴随智力障碍）联系了起来。[354]《柳叶刀》的这位作者断言，如果孕期患风疹确实是一个问题，早就应该有人注意到了：“不懂专业知识的公众总是认为先天畸形有外在的原因——被狗吓着了，从楼梯上摔下来，等等——所以，要是怀孕头几个月出疹子的小病没有被当作一种外在原因，那就奇怪了。”[355]

1946年，《美国医学会杂志》上的一篇社论完全接受了格雷格的发现及相关的严肃推论，并且推测1940年在澳大利亚形成严重疫情的风疹病毒，可能对胎儿有独特的影响力，或许还通过旅行者造成了后来在美国和英格兰发现的风疹病例。[356]美国女性开始关注这件事，许多女性决定不去冒险。一项研究跟踪调查了1949至1955年间纽约市104名在妊娠首三月确诊患风疹的女性。其中45人因感染风疹而选择了堕胎。[357]

1950年代，经过一项又一项研究后，医学界才完全接受了格雷格的发现。后续研究证实了风疹病毒——所有风疹病毒，而不仅仅是1940年澳大利亚的病毒——会对孕早期的胎儿造成多种损伤。他们确认，风疹造成的损伤包括失聪、白内障、心脏缺陷、小头畸形及其伴随的智力障碍。后来，自闭症也被确认为先天性风疹幸存者脑损伤的一种表现。[358]风疹导致的各种问题，将合称为先天性风疹综合征。最终，人们都明白了，风疹病毒（一种限于人类、直径不超过三百万分之一英寸的病毒）对宫内的生命是一种威胁。

而且，当时没有防御这种病毒的办法。风疹病毒还未在实验室中分离出来。病毒未分离出来，就不可能有疫苗。

1962年9月末，一篇题为“风疹，1962年”的短文发表在《英国医学杂志》上。这篇文章由位于伦敦郊区贝肯汉姆的三位全科医生撰写，描述了1962年3至7月发生的“一次大范围的风疹疫情”。

在短短的几个月里，三位全科医生接诊了355位风疹患者，占他们接诊患者总数6500人的近6%。但是，他们在论文中写道，这个数字可能偏低。他们怀疑，还有200人感染了风疹，但是没有到医院就诊——有些给他们打过电话，但是没来医院；有些事后才提及自己患过风疹；还有些可能感染了风疹，但是没有注意到或没有说出来。

三位医生报告说，5至10岁的儿童是最常见的感染者。他们接诊的这个年龄段的患者中，有25%确诊患了风疹。但是，他们补充道：“这个年龄段的患者，极有可能其中50%感染了风疹。当地多所学校证实，半数以上的学生这段时间都缺席了，很可能是因为感染了风疹。”[359]

贝肯汉姆的三位医生观察到的现象，在1962和1963年春天出现在英国无数家诊所里。（在英国和美国，全年都有人感染风疹，但是感染人数在早春最多。）[360][361]

风疹似乎无处不在：据伦敦的《泰晤士报》1962年3月中旬报道，拉格比区的区长和他的三个孩子都感染了德国麻疹，不得不待在家中。[362]“伊顿公学有20至35名学生患了麻疹，约有20人住进了学校的治疗室，其余在家中休养。”在当年3月下旬对这所著名预科学校的报道中，《伦敦时报》补充道。[363]

汉普郡板球队的明星击球手R.E.马歇尔“感染德国麻疹，回家养病去了——他的队友希望他真的把病带回家去了”，伦敦的《卫报》在1962年6月这样报道。[364]

孕早期的女性在知道或怀疑自己感染了风疹后，都面临着两难抉择。她们可以足月生产，接受孩子可能受到病毒伤害的高风险。否则，她们就要选择堕胎。

一位自称“一位母亲”的女性在1963年8月给《卫报》写了一封信。怀孕不久她感染了风疹，医生告诉她孩子不受伤害的可能性只有1/3。

“在他给我机会，让我立即去医院终止妊娠时，我感觉别无选择。”她写道，并且补充说自己“深深厌恶当时所做的事情”。她说：“现在，只要听到别人或者我自己说我当初很幸运，我就会立即感到一阵厌恶。我放弃了一条生命，这并不是什么幸运。要说幸运的话，当时为我看病的医生很有仁爱之心。”[365]

许多怀孕的女性并不像写信的这位母亲那样确定自己患了风疹。对她们而言，要决定是否继续妊娠，或许更加令人痛苦。她们需要一种确诊风疹感染的方法，但当时还不存在。

研发这种诊断方法最关键的第一步是在1962年10月迈出的，当时两组美国研究人员在《实验生物学与医学学会学报》上发表了多篇文章。在诺曼·格雷格明确了风疹和胎儿损伤之间有联系二十多年后，

风疹病毒最终在实验室中分离出来。

哈佛大学公共卫生学院的两位医生，托马斯·韦勒和富兰克林·内瓦，用韦勒儿子（10岁，患有风疹）的尿液来感染人羊膜细胞，成功培养出了风疹病毒。但是，他们鉴定这种病毒的实验室方法很费时，需要2.5至4个月，所以对于担忧的孕妇而言毫无用处。[366]

更实用的研究成果来自保罗·帕克曼。他举止温和，来自纽约州的小城威兹波特，父亲是邮局员工，母亲是家庭主妇。帕克曼当时是一位年轻的医生和病毒学家，在位于华盛顿特区的沃尔特·里德陆军研究所工作。他与同事马尔科姆·阿腾斯泰因、上司爱德华·比舍尔合作，使用新泽西州迪克斯堡患风疹新兵的喉漱液，设计了一种方法来应付风疹病毒的恼人特性。

脊髓灰质炎病毒在培养过程中会破坏细胞，让细胞破裂，留下乱糟糟的细胞碎片，风疹病毒则不同，它在培养皿中显得很懒惰，没有表现出感染细胞的明显迹象。帕克曼的团队设计出一种间接的方法来证明培养基中存在风疹病毒。他们首先用取自迪克斯堡新兵的喉漱液感染非洲绿猴的肾细胞，并用未感染病毒的猴细胞作为控制组。7至14天后，他们向所有细胞添加了一种叫作ECHO—11的肠病毒。ECHO—11在两三天里破坏了未感染风疹病毒的控制组细胞。然而，风疹病毒会屏蔽ECHO—11的影响，让肾细胞完好无损。[367]这种鉴别病毒的方法缓慢而复杂，但是肯定比韦勒和内瓦的方法快速。在面临疫情时，这种研究进展受到了欢迎。

1962年秋，伦敦大奥蒙德街儿童医院（Great Ormond Street Hospital）（昵称“GOSH”[368]）的一名儿科住院医生，带着强烈的兴趣阅读了关于风疹病毒分离出来的新论文。

斯坦利·普洛特金，在费城威斯塔研究所时曾经帮助测试过科普罗夫斯基的脊髓灰质炎疫苗，现在已经中断了研究生涯，转而接受患者护理方面的训练，计划成为一名儿科医生。那年夏天，在他30岁生日过后不久，他结束了在费城儿童医院的第一年住院实习期。第二年实习期在大奥蒙德街儿童医院进行，结束后他将成为有完全资质的儿科医生。他之前向科普罗夫斯基保证过，获得儿科医生资质后，他会回到威斯塔研究所。

普洛特金于1932年出生于纽约的布朗克斯区，父母分别是电报员和记账员；在波兰东部反犹太形势严峻时，许多人移民到美国，普洛特金就是这类第一代移民的孩子。他小时候身体瘦弱，书卷气浓，是个早慧的孩子。1936年抗生素还未问世，他差点因肺炎球菌导致的肺

炎而丧命。他患有哮喘，在9岁时被独自送去位于丹佛的国家哮喘儿童疗养院，在那里感染了流感，住院治疗，他陷入昏迷，又差点丧命。几个月后，他活了下来，但左脸瘫痪了——他患了一种叫作贝尔氏麻痹症的面部神经瘫痪。[369]（这种病的患者并非总能康复，但普洛特金很快康复了。）

普洛特金是个安静、好学的学生，多次跳级。他在高中期间学习特别努力，以便跟上大他两岁的同学。16岁时，他从布朗克斯理科高中毕业。他说，那是他至今所处的学业竞争最激烈的环境。[370]

青少年时期的普洛特金读书如饥似渴，经常去离家（东178街的一套二居室公寓）几个街区远的公共图书馆阅读。15岁时，他读到了两本改变人生的书。一本是辛克莱·刘易斯1925年出版的《阿罗史密斯》，这本书按时间顺序讲述一位年轻医生的职业生涯——他先是在小镇上当医生，初试身手，最终成为免疫学家和疫苗学家；他的导师是具有传奇色彩的马克斯·戈特利布，而戈特利布的工作单位显然就是以洛克菲勒研究所为原型的。另一本是1926年出版的《微生物猎人》，一本畅销的非虚构作品，讲述路易·巴斯德等伟大的生物学家的科学发现。这本书的作者是保罗·德·克吕夫，他曾是洛克菲勒研究所的微生物学家，后来转行成为作家，他也参与写作了《阿罗史密斯》，但是没有署名。

两本书都充满了对科学的浪漫看法。《微生物猎人》在首页就自称讲述了一位“勇敢、执着、好奇的探索者和与死亡做斗争的勇士”的故事，提醒读者科学家的成就“登在报纸的头版上”。《阿罗史密斯》充满了发现新成果的激动、被对手击败的痛苦，以及实验室中长期辛勤工作而收获的最终回报。（这本书的主角马丁·阿罗史密斯，同样也面对着财富、名誉和情欲的堕落诱惑。）

普洛特金受到鼓舞，拿到全额州政府奖学金去纽约大学读书，后来又参加了一场为期三天的考试，以争取三十五项热门奖学金中的一项，有了这笔钱他才能去上州内任何一所医学院。如果没有，他家是没法供他念医学博士的。

普洛特金回忆，他在等待考试成绩公布时，申请了六所医学院。当时的医学院都不喜欢接收犹太学生，所以他的申请都石沉大海。后来他收到了来自纽约州的好消息。他在那场考试中排第十五名，赢得了可以去纽约任何一所医学院读书的全额资助。

“既然你得到了奖学金，我们肯定得接收你。”他记得位于布鲁克林的纽约州立大学南部医学中心的一位行政人员这样对他说。这是唯

一一所接收他的医学院。

1952年，在进入医学中心时，本科毕业的普洛特金痴迷过莎士比亚，学习过哲学，解剖过猫、鲨鱼和猪胚。这些都没有让他为进入金斯县医院做好准备——这所繁忙的大医院位于布鲁克林的弗拉特布什，是南部医学中心的教学医院。普洛特金回忆，那是一个不同的世界，“天黑后医学生是国王”。

他轮岗了所有专科，很快就知道自己不想成为外科医生。他会与同学交换任务，避免去手术室里操作牵开器，而是去病房里照看患者。但是，专攻内科的前景也没有让他觉得激动。在他看来，内科对成年患者的治疗仅仅让他们维持着一种没有变化的状态。

儿科就不同了。在儿科工作，他可以影响患者的一生。而且，儿科亟须疫苗方面的研究。他是在照料因脑膜炎而脑部受损、失聪的儿童时领悟到这一点的；脑膜炎是由流感嗜血杆菌引发的。在医学院的第三学年结束时，普洛特金明白了自己想做儿科医生。他还决定成为一名研究科学家。

他选择了去克利夫兰市立综合医院进行轮岗实习——新医生必须参加的培训项目——因为该院的儿科主任是两年前获诺贝尔奖的弗雷德里克·罗宾斯。普洛特金发现自己忙于照料患者，没有时间做研究，但是他喜欢在弗雷德里克·罗宾斯身边工作，罗宾斯曾经与恩德斯、韦勒合作，发现脊髓灰质炎病毒能够在非神经组织中培养，进而为病毒学家打开了一个全新的世界。

在克利夫兰实习结束后，普洛特金的下一步很清楚。他年龄在18至26岁之间，所以根据1948年的《选征兵役法》，他需要服役21个月。避免服役的唯一办法是去美国公共卫生局军官团工作，这个机构是法律明文规定的军方机构。所以，他就报名加入了流行病情报局，它是美国传染疾病中心的“疾病探测”部门，而传染疾病中心本身又是美国公共卫生局的一部分。[371]

在亚特兰大接受了基础培训后，普洛特金请求他在传染疾病中心的上司亚历山大·朗缪尔派他去费城参加一个炭疽研究小组，这让朗缪尔吃了一惊。不过，像往常一样，普洛特金事先做好了功课。他一直在阅读脊髓灰质炎疫苗专家、才接手威斯塔研究所的科普罗夫斯基撰写的开创性论文，而传染疾病中心的那个炭疽项目就在威斯塔研究所开展。他说，去威斯塔研究所是他职业生涯中最重要的决定，因为他从此进入了自己心目中的“马克斯·戈特利布”实验室。

普洛特金清晰地记得自己第一次去找科普罗夫斯基时的情形。他1957年8月进入威斯塔研究所，没多久就去了科普罗夫斯基的办公室，希望在去传染疾病中心做炭疽研究的同时，还能去科普罗夫斯基的实验室做脊髓灰质炎病毒研究。在科普罗夫斯基办公桌上的显眼位置摆着一幅漫画，画着一个面目凶恶的尼安德特人，配文是："欢迎您提建议。"普洛特金看完笑了，但是他马上担心这会让威斯塔研究所杰出的所长觉得他是个傻子。

科普罗夫斯基并没有那么想，还把25岁的普洛特金安排进了他新成立的脊髓灰质炎病毒实验室。1957年8月，威斯塔研究所的翻新工作还未完成，这间实验室是二楼一个没有空调的半圆形大房间。在那里，科普罗夫斯基聘用的首位员工、年轻的实验室技术员芭芭拉·科恩，坐着检测透明试管中黑猩猩粪便里的脊髓灰质炎病毒数量。这些粪便则是科普罗夫斯基的团队从比属刚果寄回来的。（科普罗夫斯基先将实验性脊髓灰质炎疫苗喂给黑猩猩，而后再接种给中非的数万人。）

不完美的实验室条件并未吓退普洛特金。他十分激动，在他看来，聘用他的科普罗夫斯基不仅才智出众，还特别有文化修养，视野广阔，热爱生活，自己很愿意在科普罗夫斯基身边工作。

随着威斯塔研究所翻新工作的推进，普洛特金的条件也得到了改善，最终搬到了三楼的实验室。不在科普罗夫斯基的二楼实验室做脊髓灰质炎病毒研究时，他就在三楼的实验室里做炭疽研究。在科普罗夫斯基那里，他学会了如何做脊髓灰质炎病毒的培养和计数，如何分离不同的病毒株，以及如何减弱它们的毒性来制备疫苗。他的名字开始出现在科普罗夫斯基的脊髓灰质炎病毒论文上。

1959年春，科普罗夫斯基给普洛特金提供了亲自去比属刚果的机会，他可以去那里与科普罗夫斯基的合作者——一些比利时侨民——共同工作，他们正在金沙萨给数万名儿童接种科普罗夫斯基的脊髓灰质炎疫苗。普洛特金欣然接受了这个机会。他在传染疾病中心的上司们不想在这场疫苗竞赛中表现出任何偏好，于是准许他请假两个月。

"在贫困国家感受到的文化冲击令人难忘。"普洛特金后来写道，"更重要的是，它让我明白疫苗研发并不止步于实验室，实地研究不仅必不可少，而且很困难，甚至很危险。"[372]

写下"危险"时，他是认真的。在那场疫苗接种运动中，有一次，普洛特金和他的比利时同事正在基奎特给婴儿接种，一群愤怒的人围住了他们。这些人看到研究人员从婴儿腹股沟的股动脉抽血以检测婴

儿的抗体水平，以为他们是在阉割孩子。为了使人群平静下来，一位比利时侨民当着众人的面，从自己孩子的股动脉抽了血。这并未平息众怒。科学家们不得不联系当地的军事基地，基地派来几卡车士兵护送他们离开。

科普罗夫斯基充分利用了普洛特金的非洲之旅；1959年6月，在普洛特金回到费城后，科普罗夫斯基邀请了报刊、广播和电视台的记者来参加自助午餐会与新闻发布会。媒体报道说，这次发布会“首次宣布威斯塔研究所的口服脊髓灰质炎疫苗在比属刚果最近的一场脊髓灰质炎疫情中有效”。媒体还专题报道了普洛特金，说他“全面考察了比属刚果的大规模疫苗接种”。[373]

普洛特金15岁时曾梦想成为微生物猎人，在27岁的年华就进入了这个圈子，成了一名有资质的成员。

1962年7月，普洛特金在伦敦市中心的大奥蒙德街儿童医院开始为期一年的住院实习。对于被他和其他医生称为“临床素材”的患者，即从英格兰南部转院过来的儿童而言，大奥蒙德街儿童医院是个热门地点。因为在伦敦这座规模四倍于费城的城市，大奥蒙德街儿童医院是仅有的两所儿童医院之一，患耳朵痛、喉咙痛等小病的儿童很少。

来这所医院就诊的是患有严重儿科疾病，如先天性心脏病或囊性纤维化的患者。一名雄心勃勃的年轻儿科医生能在这里接触到他梦想的所有疾病。更棒的是，负责照顾住院患者的不是他，而是那些勤杂工——也就是新入行的医生，在美国叫作实习生。这让普洛特金能去门诊工作，同时也有时间做研究。

普洛特金选择大奥蒙德街儿童医院，也考虑到能和阿拉斯泰尔·达吉恩共同工作。阿拉斯泰尔·达吉恩是科普罗夫斯基广泛关系网中的一位同行，是一位干练的病毒学家，衣着无可挑剔，总是戴着圆顶高帽，操着上层阶级的口音。第二次世界大战中，他在北非指挥英军步兵旅第七营的一个连队，曾两次因英勇获得奖章。达吉恩关注先天性感染，即宫内发生的、新生儿携带的感染。普洛特金在7月开始与达吉恩合作时，大西洋彼岸的海弗利克正在研发WI—38细胞。9月，伦敦郊区贝肯汉姆那三位医生的论文发表，记录了风疹患者数量的激增。10月，美国那几位病毒学家的论文发表，宣布他们在实验室培养皿中捕获了风疹病毒。好像有一只看不见的手布置好了所有的元素，为接下来上演的戏剧做好了必要的准备。

普洛特金特别仔细地阅读了帕克曼和韦勒那篇关于在实验室中分离风疹病毒的论文。论文的暗含之意特别明确。风疹病毒如果能够在

实验室中捕获，或许就能被减毒，用于制备疫苗。科普罗夫斯基在争取脊髓灰质炎活疫苗获批的竞赛中痛苦地落败，也让普洛特金感到痛苦。但是，风疹病毒的分离提供了一个全新的机会，可以研发出一种挽救生命的预防药物。在伦敦待了几个月后，普洛特金亲眼看到了没有疫苗，人们会经历什么样的疾病和痛苦。

从1962年末，也就是风疹患者在3月出现激增之后九个月开始，大奥蒙德街儿童医院的病房里几乎每天都可以见到患先天性风疹的婴儿。一名2月龄婴儿患了白内障和动脉导管未闭。动脉导管未闭是先天性风疹中常见的心脏缺陷，如不进行手术修复，会造成婴儿心衰。一名5月龄婴儿患了小头畸形。还有一名11月龄婴儿双耳失聪，因白内障而双目失明，心室（将血液压到肺部和身体其他部位的结构）之间的瓣膜上有个洞。

此外还有年龄稍大的儿童，他们是疫情还未完全爆发前受风疹影响的，其中一名失聪、失明的4岁儿童还患有被称为法乐氏四联症的心脏病。这种心脏缺陷让血液缺氧，有时患者会浑身发青。[374]

不接诊时，普洛特金就在达吉恩的实验室工作，使用保罗·帕克曼的新技术，以风疹患者的喉漱液来培养风疹病毒。从才出疹子一周（尤其是最初几天）的患者的咽喉经常可以得出阳性结果。问题在于，尽管这种测试可以确诊风疹感染，但是阴性结果却不能排除感染。

这种分离病毒的新技术也让普洛特金能够检测风疹抗体水平的变化，方法是对比风疹患者在发病期和两三周后的血样。他发现，两三周后，患者的抗体水平有显著上升。有一类患者急切地想检测出自己是否患有风疹，那就是担忧的孕妇。

“现在可以通过从喉拭子分离病毒，以及通过［血检］来确诊风疹感染，这对于孕期风疹患者来说极其重要。”普洛特金、他在英国的上司达吉恩，以及同事A.梅尔文·拉姆齐在发表于《英国医学杂志》的论文中轻描淡写地说。[375]

普洛特金、达吉恩、拉姆齐，以及另一位同事N.R.巴特勒还研究了患先天性风疹综合征的婴儿、学步幼儿和儿童的免疫系统变化；这些患者是大奥蒙德街儿童医院的住院患者，或者是从其他医院送到他们那里的。有些科学家曾怀疑，宫内感染风疹的婴儿不会将风疹病毒“视为”外来物，进而产生相应的抗体——这种现象称为免疫耐受。

但是，25名患有先天性风疹、6月龄以上——因此体内没有来自

母亲的抗体残留，不会干扰检测——的儿童中，22名血液里存在抗体，这意味着他们对病毒产生过正常的反应，将病毒“视为”外来物，进而产生相应的抗体。[376]

许多方面的信息仍然未知。血检是否足够灵敏，可以检测到可能存在于其他三名儿童体内的低水平抗体？儿童的抗体仅仅是在他们出生后，也就是已经受风疹损伤后产生的吗？如果他们在宫内确实能产生自己的抗体，那么他们的免疫应答是在孕期的什么时间点起效的？显然，在最初几周的胚胎期，他们的免疫应答不可能起效。

普洛特金和同事正在探索无人涉足的领域。今天，人们知道风疹病毒是一种球状病毒，由单股正链RNA构成，包裹在衣壳蛋白内部，最外面有脂质包膜。脂质包膜上有两种蛋白刺突，E1和E2。在身体的免疫系统对风疹病毒作出反应时，反应对象主要是这些蛋白刺突，尤其是E1。

风疹病毒和其他病毒一样，极其微小。它的直径只有50至85纳米，大约是艾滋病毒的一半，[377]是它入侵的人细胞的1/1000。当然，大小并不重要。重要的是，病毒在人体内会做什么。

风疹病毒最先存在于鼻腔和咽喉中，在表皮细胞和淋巴结里存活并增殖，数天后侵入血液。在未免疫孕妇的免疫应答起效前，病毒通过血液移动到多个组织，包括胎盘。

病毒留在胎盘，避开了母亲的抗体——如果是在血液中，抗体很快就能清除病毒。风疹病毒能够在胎盘中存活、增殖数月。[378]

或许是因为会损伤胎盘的血管，风疹病毒经常能够感染胚胎。它有可能是通过细胞团块移动的，因为细胞团块会从胎盘血管的内壁脱落，进入胚胎的循环系统。在孕12周内，胚胎没有发育出自己的免疫应答。它必须依赖母亲的抗体。[379]但是，在感染了风疹的孕早期，母体抗体在胎盘里的移动并不高效。即使是在孕中期，胎儿体内的母体风疹抗体，也仅仅是母体血液内抗体水平的5%至10%。所以，胚胎在重要的早期阶段几乎无法抵抗风疹病毒；风疹病毒会在其血液里广泛移动，留在几乎所有器官里。[380]科学家利用现今的分子工具和成像方法，检测了因母亲患风疹而流产的胎儿，在肝、肾、肺、心、脾、淋巴结和眼中都发现了风疹病毒。

风疹病毒不同于其他能够引发出生缺陷的物质，它通常不会影响器官和其他组织成型。受风疹病毒影响的婴儿通常不会出现沙利度胺造成的那种四肢畸形和短小，也不会出现兔唇、畸形足，以及以神经

管闭合不全为特征的脊髓暴露。风疹病毒会寄生在新成型的组织里：晶状体细长的纤维、作为听力器官的精密内耳、心包膜，以及给大脑输送氧气和养料的毛细血管。[381]

病毒学家发现，风疹病毒并不会立即杀死它们入侵的细胞，而是会降低细胞的活性。被入侵的细胞分裂速度不如正常细胞快；实际上，风疹病毒会刺激细胞产生一种蛋白质，限制有丝分裂。[382]最终细胞会因为病毒而提前死亡。所以，被风疹病毒感染的胎儿和婴儿，器官的细胞才会比正常情况少，而且婴儿的体重只有正常的65%。为什么有些细胞能存活呢？因为风疹病毒并不会感染器官的所有细胞。被入侵的细胞可能少至十万分之一。受感染的细胞会小片出现，分散在受感染的器官里。[383]

风疹病毒一旦在孕早期入侵，就很少有胚胎能够幸免。第1、第2个月风疹感染造成胎儿损伤的风险高达90%，第3个月的风险是50%。[384]在特定的时间段，发育的胚胎极易受感染。一项前瞻性研究发现，孕妇在末次月经后3至6周患风疹，胚胎100%会受到风疹病毒感染。[385][386]

一旦孕期进入第4个月，风疹感染损伤胎儿的可能性就明显降低。原因在于，胎儿的免疫应答越来越活跃，母亲的抗体也抑制了风疹病毒。

患有先天性风疹的婴儿出生后，风疹病毒可能继续在某些组织中存活，继续造成损伤。长期的问题可能包括病毒持续存在于脑脊髓液中，导致脑炎。[387]而且，无论是因为风疹病毒直接对胰腺造成损伤，还是因为病毒会引发自体免疫反应，进而导致婴儿自身的抗体攻击胰腺内生产胰岛素的细胞，先天性风疹患儿长大后患1型糖尿病的概率是普通人的数倍。[388]先天性风疹患者的眼睛问题远不止白内障，还包括青光眼——眼压升高，损害患者仅有的微弱视力——和虹膜及其附件慢性炎症。[389]我们不知道，风疹病毒在眼房内继续存活、造成损伤的概率有多大。确有一些此类病例——2006年，科学家在一名28岁男子的眼中发现了活体风疹病毒，这名男子是在1978年英国那场风疹疫情后出生的，患有先天性风疹，生下来就失聪、失明。[390]

研究风疹对儿童造成的长期问题的论文，要在1960年代末才出现，那时澳大利亚的病毒学家发布了一项长达25年的跟踪研究，研究对象是1941年出生的受风疹侵害的婴儿。[391]但是，1963年结束在伦敦的住院实习时，普洛特金心里想着与风疹相关的其他许多问题。

在他看来，没有风疹疫苗，风疹显然会继续危害好几代新生儿。风疹爆发具有周期性和可预见性，英国的间隔为五年，美国的间隔为六至九年。[392]离下一场风疹疫情的到来只有几年了。他坚信，在这几年时间里，能够也应该研发出风疹疫苗。

那年夏天，普洛特金和他的第一任妻子海伦·埃利希——他们是在普洛特金从医学院毕业时结婚的——开始了为期三个月的欧洲之旅，同行的还有他们的新家庭成员，1岁大的迈克尔。他们开着一辆蓝色的福特两门车，过着“吉卜赛人一样的”生活（普洛特金在几个月后这样写道）。[393]他们经过法国、瑞士和意大利，最终到达克罗地亚的里维埃拉。最终，在那年9月，他们登上大荷兰运输公司的一艘汽船，启程回家。

他们离开之后几个月，另外一位旅行者将越过大西洋，最终在春天抵达美国东海岸。它就是风疹病毒。

第十章　孕妇的灾祸

费城，1963—1964年

> ……尽管仅仅一场风疹疫情在一年内在美国造成的先天缺陷人数，比沙利度胺自问世以来在全球造成的先天缺陷人数还要多，但是风疹病毒似乎并未像沙利度胺那样引起人们的极大关注。
>
> ——威廉·S.韦伯斯特，澳大利亚悉尼大学医学院，1998年[394]

1963年10月，在普洛特金回到他在威斯塔研究所三楼的实验室时，研究所仍然是个熙熙攘攘的生物学十字路口。科普罗夫斯基将核心科研团队扩大至39人，另外还有18名研究生在实验室工作。科普罗夫斯基仍然像往常那样热情地接待络绎不绝的国际访客，这些访客分别来自赫尔辛基、苏黎世、巴黎、米兰、德黑兰，以及遥远的日本仙台。有些访客会在研究所的实验室里待上几周或几个月。普洛特金、海伦，以及他们的孩子迈克尔也定居下来，搬进宾大西边不远的一座排屋，11号大学公寓。

科普罗夫斯基正忙着支持那种毫无约束、让威斯塔研究所与众不同的科学研究。普洛特金的这位导师虽然专断，但并不在小事上拘束他的雇员，而是让他们充分发挥创造力，保护他们免受行政琐事干扰，消除他们在金钱上的担忧；在做这一切时，他令人感叹地在善良优雅与暴虐欺诈之间自如切换。

更让普洛特金惊讶的是，科普罗夫斯基知道，生活大于科学，知道艺术，历史，诗歌，音乐，以及对美人、美食、美酒的享受，和呼吸同样重要。圣诞节到来时，研究所的中庭里必定举办聚会，他会用专门购置的三角钢琴弹奏肖邦。

“我昨天在我办公桌上看到通知，说最近要安排圣诞聚会，”普洛特金在那年12月给科普罗夫斯基的备忘录中写道，“我做过军医，所以我个人建议准备一瓶氧气，以免有人喝高了。”[395]

海弗利克恰好相反，他似乎生活在另一个世界，认真、专注地待在二楼的实验室里。海弗利克已故的同事文森特·克里斯托法洛回忆过

当时的情景。那是1962年，克里斯托法洛才获得生理学和生物化学博士学位。他将要入职威斯塔研究所，有人带着他参观。年轻的克里斯托法洛读过海弗利克1961年发表的那篇后来越来越有名的、讲实验室中正常细胞会老化的论文，知道海弗利克，所以在导览人员带他走进海弗利克的实验室时，他心里怀着一些敬畏。

克里斯托法洛在四十年后写道："我在那里看到了伦纳德，他坐在实验室中央的办公桌前，去孵化室或无菌室的人们在他周围忙碌地来来往往。他似乎并未被这忙碌的环境打扰，正在对着录音机口述信函。我的导览戴维·克里切夫斯基打断了他，向他介绍我。他受到打扰，看上去很生气。他的这番举止表明，他希望我离开，不要再回来。不过，他还是表现出了一丝热情；他给了我一份他在1961年与保罗·穆尔黑德合作的那篇论文的副本，然后又回去口述了。"[396]

对才从伦敦回来的普洛特金而言，能够使用海弗利克的WI—38细胞意味着有机会在实验室研究风疹病毒，如果运气不错，还有机会发明风疹疫苗。他已经是用人胎细胞制备疫苗的信徒了。正是他跟着海弗利克研发和测试了海弗利克在1961年使用这种细胞制备的脊髓灰质炎疫苗。也正是他与科普罗夫斯基合作，写信给世卫组织，呼吁使用人胎细胞而不是猴肾细胞来制备脊髓灰质炎活疫苗。现在，他要研究人胎成纤维细胞能否用于发明风疹疫苗。

普洛特金知道自己想制备减毒风疹疫苗，而不是索尔克脊髓灰质炎疫苗那样的灭活疫苗。他有几个理由。

首先，他参与制备科普罗夫斯基的脊髓灰质炎活疫苗，所以更熟悉制备活疫苗。其次，科学家逐渐明白，要杀死风疹病毒，同时又保持其引发有效免疫应答的能力，特别困难。最后，活疫苗往往可以产生更持久的免疫力。如果风疹疫苗是供儿童使用的，那么它产生的免疫力需要持续数十年：从儿童期持续到育龄。普洛特金的决定是正确的。默克公司早些时候实验过一种灭活疫苗，但在众人的关注下失败了。[397]

对一名年轻的美国医学研究人员而言，那是一个幸运的年代。政府的金库正因为战后不断增长的经济而充盈，而且由于第二次世界大战期间的医学进步，国会中又兴起了一股对医学研究的热情。[398]所以，美国的主要医学研究资助机构——国家卫生研究院资金充裕，其预算从1955年的3600万美元增加到了1965年的4.36亿美元，能够给全国各地的科学家提供越来越多的资助。开心的受资助者把这家机构戏称为"国家撒钱研究院"，生物医学界的科学家经常开玩笑说："你起床后帮我批个资助。"

1950年代末，科普罗夫斯基从国家卫生研究院下属的国家过敏与传染病研究所获得了一项持续多年的慷慨资助，支持他研究脊髓灰质炎疫苗。1960年代初，在将这项资助延期五年时，他将资金转去支持普洛特金的风疹疫苗研究了。普洛特金才从伦敦回来，就开始每年从国家卫生研究院收到13万美元，用于研究风疹病毒，尝试研发风疹疫苗——这笔钱相当于2016年的100多万美元。[399]普洛特金还找到一家特别关注残障相关项目的基金会——小约瑟夫·肯尼迪基金会。这家基金会于1946年为纪念已故总统约翰·肯尼迪的哥哥而成立，小约瑟夫在1944年执行秘密轰炸任务时在英格兰的萨福克上空遇难。1964至1967年，该基金会拨给普洛特金18万美元，资助他的风疹病毒研究。[400]

普洛特金首先需要风疹病毒，还需要研究风疹病毒能否在WI—38细胞中培养。此外，他还想知道几种风疹病毒株——从分散在各地的不同的人身上采集的病毒，彼此之间可能有细微的差别——是否都适宜用WI—38培养。为了采集这些病毒，他寻求同事的帮助。

莫里斯·希勒曼，默克公司的疫苗主管，给普洛特金寄来了西点风疹病毒株，这种病毒株得名于默克公司在费城附近的大型研究所。保罗·帕克曼，最先在实验室中捕获风疹病毒的那位善良、年轻的病毒学家，给普洛特金寄来了M—33风疹病毒，这是他从新泽西州迪克斯堡一名年轻新兵的咽喉分离出来的。普洛特金还获得了另外一种病毒株，名为马歇尔风疹病毒株，这是普洛特金在大奥蒙德街儿童医院的导师达吉恩给他寄来的；达吉恩把这种病毒株包装在干冰里，通过每周二和周四从伦敦直飞费城的泛美航空107号班机寄送给普洛特金。

“病毒……周四送到了。特别，特别感谢。”普洛特金在1963年11月初给达吉恩的信中写道。他在信中补充：“美国有许多风疹［疫苗］研发活动，但是这种说法仅仅基于传言，而不是……出版物。据说默克公司在实验风疹疫苗，但是他们对此捂得特别紧。”[401]

默克公司在雄心勃勃的希勒曼的领导下，确实在研发一种风疹疫苗。希勒曼此前乐意将公司的西点病毒株分享给普洛特金，是因为他让自己的团队使用另外一种病毒株——伯努瓦风疹病毒株来研发疫苗。它是1962年从费城地区一名8岁男孩的咽喉分离出来的，伯努瓦（Benoit）是男孩的姓。（Benoit按法语发音是“伯努瓦”，按美国科学家的读法是“本诺伊特”。）默克公司的科学家先后用非洲绿猴肾细胞和鸭胚细胞培养了几代伯努瓦风疹病毒，目的和制备其他活疫苗一样，是将病毒的活性降低到可以引发免疫应答，同时又不造成疾病的水平。

普洛特金还有一位对手。这位对手在生物制品标准部——美国政府的疫苗监管机构，此时不苟言笑的罗德里克·默里已经在那里当了近十年主管。生物制品标准部的保罗·帕克曼和普洛特金一样都是31岁。他才从沃尔特·里德陆军研究所跳槽到生物制品标准部，在上司哈利·“汉克”·迈耶的指导下，全速研发自己的活疫苗。迈耶只比他年长几岁，个子高挑，留着有些花白的寸头，是一位有雄心和责任心的病毒学家。他1959年就到生物制品标准部了。他曾经在西非工作，在典型麻疹爆发时，帮助将一种实验性疫苗接种给数百万儿童。[402]

帕克曼和迈耶正在用非洲绿猴肾细胞，尝试弱化帕克曼从迪克斯堡士兵咽喉分离出来的风疹病毒。他们最终将研制出来的疫苗命名为HPV—77。“HPV”指“高传代病毒”（high-passage virus），“77”表示他们将病毒按次序接种给77批培养的非洲绿猴肾细胞——他们用病毒感染第一批培养细胞，等这些细胞中的病毒增殖时，从中提取液体，感染第二批培养细胞，就这样持续到第77次“传代”，即液体在不同批次的细胞中“传代”了77次。[403]

重要的是，帕克曼的新工作让他置身于美国疫苗监管的权力中心，因为在美国上市的疫苗都由生物制品标准部审批。而且，帕克曼的上司兼搭档迈耶才被任命为生物制品标准部的实验室主管，负责病毒疫苗工作。

普洛特金很快意识到，自己是在与帕克曼进行一场艰苦的战斗；帕克曼在生物制品标准部工作，本身就具备优势，而且他还得到希勒曼的帮助，希勒曼在疫苗研制方面有多年的专业经验，背后还有一个制药巨头的资源。但是，普洛特金很顽强，他年轻而自信。他认为自己能用海弗利克更优质、携带病毒更少的细胞研制出更好的疫苗。他的当务之急是确定那些细胞能否被风疹病毒感染；如果不能，它们就无法用来研制风疹疫苗。他还想研究风疹病毒到底如何在细胞中造成损害。

所以，普洛特金与当时从巴黎来威斯塔做访问研究的安德烈·布韦和若埃勒·布韦夫妇合作，将从其他科学家那里获得的三种风疹病毒株，注入若干个装有WI—38细胞的瓶中。正如他所希望的，三种风疹病毒株都很快感染了WI—38细胞。

感染后细胞的表现不同于控制组里未感染的细胞。在控制组的瓶中，WI—38细胞按照预期开始迅速增殖。它们增殖到汇合状态，每隔三四天就需要分离到新瓶中。它们持续分裂了数月。在装满感染细胞的瓶中，细胞在分离到新瓶中一次、两次或三次后，就停止了分裂。它们在几周内完全停止了增殖。

普洛特金用显微镜观察未感染的控制组细胞，看到显微镜视场里挤满了细长的、罗盘指针状的WI—38细胞。他又去观察那些感染的细胞——几天后几乎所有细胞都被感染了——发现它们和健康的WI—38细胞一样呈纺锤状，外观也一样。风疹病毒并未让它们破裂，留下孔洞或其他明显的痕迹。

但是，引人注目的是视场中的空白。受感染细胞数量很少，零零散散。风疹病毒会以某种方式摧毁它们的增殖能力。普洛特金立即想到，这种在培养皿中对细胞分裂的抑制，是否也会发生在胎儿身上，造成他在婴儿身上看到的那种损伤。两年后，他与芬兰籍同行安蒂·瓦海里使用感染的WI—38细胞，确认他们发现了一种能抑制被风疹病毒感染的细胞进行分裂的蛋白质，并将这项发现发表在《科学》上。他们把这种蛋白质命名为“RVIMI”，即“风疹病毒诱导产生的有丝分裂抑制物”（rubella virus-induced mitotic inhibitor）。[404]

对普洛特金而言，好消息是WI—38细胞仅仅经过两三次分裂，就产生了大量新的风疹病毒粒子，是最初接种到瓶中的病毒数量的100万倍或更多。如果是以制备疫苗为目的，那么WI—38细胞只能分裂几次并不重要。在疫苗制备中，细胞的任务是产生病毒，而不是复制。

1964年8月，普洛特金和布韦夫妇向《美国流行病学杂志》投稿了一篇论文，称他们发现风疹病毒会以某种方式抑制WI—38细胞的分裂，但是瓶中的WI—38细胞却会在短暂的生命中产生大量的风疹病毒。他们推断，WI—38细胞“或许可以作为一个［细胞工厂］，制备风疹疫苗”。在论文结尾，他们引述了海弗利克的人二倍体细胞用于制备疫苗的优势，这些优势已经为人熟知：它们携带病毒少，染色体数目正常，没有致癌性，还能够冷冻起来，以后再解冻大量增殖。

在投稿这篇论文前，普洛特金就将好消息告诉了科普罗夫斯基。科普罗夫斯基未能参加1964年6月的威斯塔研究所董事会议。但是，威斯塔的研究理事阿特·斯特恩在那次会议上把好消息告诉了董事会。“我们成功地让风疹病毒在二倍体细胞中生长了，现在正尝试［减毒］，”他告诉他们，“这项工作的最终成果可能是研制出一种疫苗。”[405]

1964年3月27日，传染疾病中心在其《发病率与死亡率周报》——一份向医生通报传染疾病传播情况的重要出版物——的前半部分专门介绍了这项发现。

“全国性的风疹（德国麻疹）疫情似乎开始出现。”文章开头写

道，“报告的风疹病例数量去年秋在东北部开始增加，仅仅在过去几周内我们就观察到了发病率的峰值。疫情似乎在迅速向南部和西部扩散。”

八页长的报告清晰地展示了当地受到的破坏。

“1963年马萨诸塞州风疹病例本来就很多，而今年更是去年同期的5倍。”

1964年，纽约市已经出现了近8700例风疹，“数量约为去年同期的17倍”。

在肯塔基州，风疹病例数量比1963年同期高出60%；在伊利诺伊州，这个数字则是86%。

在匹兹堡所在的阿利根尼县，3月13日当天的病例数量就超过了1963年全年。科罗拉多州和马里兰州的情况也一样。

新奥尔良市观察到，从2月17日那周开始，风疹病例显然有“大幅增加”。

只有除科罗拉多州以外的山区各州以及太平洋沿岸的各州，没有受到疫情影响。这并不特别令人惊讶。《发病率与死亡率周报》指出，太平洋沿岸各州的风疹疫情历来比美国其他地区晚一年发生。（1965年，这场疫情真的扩散到了太平洋沿岸各州和山区各州。）[406]

美国部分州大约40年前开始记录疫情数据，这场风疹疫情是有记录以来最严重的一次。[407]

普洛特金在伦敦有过相关经验，所以对风疹疫情的袭来有所准备。他开始追踪研究宾大医院、费城综合医院和其他地区医院的先天性风疹婴儿，给每名受感染的婴儿制作了一张索引卡。第一张卡片标记为“R—1”。随着时间的推移，他将标记卡片R—60、R—105，还有R—132。

卡片上还有备注，包括：

婴儿M。皮肤青紫。

婴儿F。先天性心脏病。

婴儿T。白内障。

婴儿-宾大医院-尸检。死于先天性心脏病。[408]

最终，普洛特金汇编出一份风疹患者——婴儿及其母亲——的清单，多达1700条。[409]他和同事还标记了在费城综合医院出生的先天性风疹婴儿。他们据此估计，1964年4月至1965年3月，费城至少有1%的黑人婴儿患有先天性风疹，这个数字是此前12个月总数的3倍以上。[410][411]

普洛特金从伦敦回来后不久，费城地区的医生都知道这名年轻的病毒学家擅长用血检结果来诊断孕妇是否患有风疹。很快人们就拥进他的实验室求助。[412]他开始在实验室旁边的办公室接待孕妇和夫妇。

最常见的情况是，风疹疑似患者由他们的医生介绍给普洛特金。有时他们也会直接和普洛特金联系。下面这封用花体写在半张白纸上的信，是附近新泽西州彭索金镇一名妇女寄给普洛特金的。

4月2日

宾夕法尼亚大学

威斯特［原文如此］实验室

亲爱的先生：

我想请问您这种情况是否危险或致命。我有个女儿怀孕3个月，得了麻疹。给宝宝造成伤害的危险大吗。怀孕还没［原文如此］4个月。请您告诉我？

谢谢您。[413]

普洛特金能够提供的检测远非完美，很难给妇女她们想要的确定答案。他能够从鼻拭子或咽拭子中分离风疹病毒以确诊风疹。但是，只有在出疹的头两天取拭子，检测结果才可靠，而出疹的女性很少这么快找到他。即使她们很快找到他，以便用ECHO—11烦琐的干扰测试法来从咽拭子中分离病毒，也需要十天才能得出结果。将病毒培养

更长的时间，以确定结果准确，则需要再花两三周。

他更常用的血检也并不会更快。普洛特金首先需要在急性期采集血样来检测，或者在出疹后（最好是两周内）尽快采集血样。如果孕妇去看医生，花了更多时间，那么得到准确检测结果的可能性就会明显降低。

但是，第一次的血检并不够。普洛特金接下来还需要等两三周，再次采集血样，并再次检测患病孕妇的抗体水平。第二次检测的抗体水平更高，可以确诊这名孕妇最近感染了风疹。

从始至终，普洛特金的血检很容易用掉四周。等待结果的过程十分痛苦。有些妇女，甚至有些医生，都忍受不了。

“许多医生觉得这种拖延无法忍受。”普洛特金在那年10月发表于《美国医学会杂志》的论文中写道。他让读者去看表3里的第13号患者。这位28岁的母亲已有两个孩子，在孕8周出疹，但不像典型的风疹：疹子只出在肚子上，淋巴结不肿大。普洛特金在出疹第二天采集了血样，然后又在三周后采集了一次。普洛特金带着显然阴性的结果去找她的医生，却为时已晚。那名妇女已经堕胎了。[414]

另一种极端情况也存在：有些患者的检测结果是明确的阳性，却选择继续妊娠。第19号患者，20岁，在首次妊娠第9周出疹、发热、淋巴结肿大。普洛特金的血检结果显示，她的抗体水平在两周内提高了八倍。她选择不堕胎，论文脚注中标注原因是“宗教反对”。[415]

普洛特金自己是个言语谨慎的人，在与患者面谈时，不喜欢左右他们做任何决定。但是，在患者选择堕掉可能受到损伤的胎儿时，他心里并不反对。而且，在反对堕胎的批评者猛烈抨击人们为避免先天性风疹而堕胎时，他会很愤怒；1964年秋，《英国医学杂志》上刊登的两封读者来信就表达了这种猛烈抨击。[416]

一位批评者是英格兰伊普斯威奇一家地区医院的病理学家，他在信中说，如果要堕掉可能失明、失聪或智障的胎儿，也应该堕掉那些可能患哮喘、糖尿病、高血压、近视或人格障碍的胎儿，那样才能在逻辑上说得通。他断定，这会让国家“最终成为没有监狱的一党制国家”。[417]

普洛特金十分气愤。他写信回击说，那位批评者“站在道德高地，却让别人去受苦”。他写道：“为什么要让一个有心脏病或失聪的孩子出生，增加一个家庭的负担？……我们没有权利出于个人的道德

或宗教紧迫需要，去要求别人接受不必要的先天畸形高风险。”[418]不过《英国医学杂志》没有登出这封回信。

这并不是说普洛特金觉得所有父母都能轻易作出明显的决定。“我记得那些父母在决定是否继续妊娠时多么痛苦，”他在2012年接受采访时说，“有些父母在来我这里之前就已经做了决定……无论风险如何，他们都不想冒险。当然，有些父母——尤其是那些有宗教信仰的——对于该怎么做很矛盾。”[419]

在许多案例中，想堕胎的女性却无法堕胎。纽约大学儿科系主任索尔·克鲁格曼在1965年5月美国儿科学会的一场会议上说，纽约大学的疗病性流产委员会“经常遇到这样的情况，一位妇女患了风疹一两周，却没有注意到，直到发现自己没有来月经时才重视”。他指出，纽约大学的委员会“不批准这种情况下的堕胎”，尽管这名妇女有可能生下受到损伤的婴儿。[420]

纽约市哥伦比亚大学的产科医生罗伯特·霍尔写道，最初只有“那些坚持己见的医生的妻子”才能够因风疹而获许进行疗病性流产，而且是“在假装患精神病”的情况下才获批的。[421]随着疫情升级，越来越多的女性获批在医院堕胎。这些女性的社会地位几乎都比较高。霍尔估计，1965年，每有九名自费患者——较富裕女性——因风疹获批堕胎，只有一名贫困的公费患者能够终止妊娠。[422]

每有一名女性成功堕胎，就有几十名孕妇担心尽管没有发热或出疹，自己的胎儿还是受到了感染。她们努力回忆，依稀记得小时候患过德国麻疹，那么现在就有了免疫力。[423]公共卫生部门让最近怀孕的妇女——通常是家中已经有了几个孩子的母亲——远离孩子，因为孩子最有可能携带风疹病毒。[424]但是，一个养育着几个孩子的母亲怎么才能做到这点，他们却没有说清楚。

“在疫情爆发的年份，几乎所有孕妇的心里都有悲剧的幽灵出没。”研究风疹的历史学者莱斯利·J.里根写道，“没人觉得自己逃过了疫情，因而心安；或许她只是没有察觉自己得了风疹。”[425]

普洛特金与那些痛苦父母的定期会面几乎持续了1964年全年。有些时候，他乐于给她们的医生写信告知结果。

“十分感谢你来信询问［F］太太的情况，”他在1965年2月写信给宾夕法尼亚州阿伦敦的一位医生，“得知她的孩子完全正常，我很高兴。我也很开心，我对于她有信心继续妊娠也尽了一份力。”[426]

但是，更常见的情况是，检测结果不确定，令人痛苦。一位怀孕患者的抗体水平在9月11至25日之间升高，但是并不明显。普洛特金在10月中旬写信给她的医生，说抗体水平“无法用于诊断，它反映的可能是近期的感染，也可能是较久远的感染。我怀疑问题在于，我们接诊这名患者时，离她开始出疹已经过去了18天”。[427]

最终，在1964和1965年横扫美国的那场风疹疫情中，估计有1250万人，也就是1/15的美国人感染。这些感染者中，超过15.9万人出现了关节疼痛或关节炎，尤其是女性。大约2100人患上了死亡率高达20%的脑炎。[428]

6250名孕妇最终流产或死产。估计有5000名女性选择堕胎。还有2100名婴儿出生不久便夭折。

大约2万名婴儿幸存，但是患有先天性风疹综合征。这些婴儿当中，超过8000名双耳失聪，近4000名既失明又失聪，还有1800名有智力障碍。大约6600名婴儿有先天性风疹的其他症状，最常见的是心脏缺陷。通常，患先天性风疹的婴儿有多种缺陷。[429]

这些数据只是估算。它们来自1969年传染疾病中心的一份报告，报告的作者们强调，医生直到1966年才需要向当局上报风疹病例。在那之前，许多但并非所有州会收集数据，自愿传给传染疾病中心。作者们指出，他们的数据不完整，是“初步数据”。他们提醒说，数据的目标读者主要是疾病控制专家，应该“谨慎地解读”。[430]然而，这些数据成了“官方”统计，至今还发布在疾病控制与预防中心的网站上以及其他地方。一位从1960年代起与风疹患者深入接触了数十年的资深风疹专家说，这些数据是基于直觉和经验的瞎猜。

1963年末，在开始研制风疹疫苗时，普洛特金决定，他使用的风疹病毒不能为方便而就近从患者咽喉捕获，就像帕克曼在迪克斯堡所做的那样。他推断，使用这种方法时，同样寄生在患者咽喉中的其他“乘客”病毒可能造成污染。相反，像海弗利克在最初尝试培养正常、洁净细胞时所做的那样，普洛特金选择了手头可能最优质的细胞来源，从中分离未受污染的风疹病毒：感染了风疹的胎儿。

1964年1月23日，普洛特金写信给宾大医院妇产科主任富兰克林·佩恩。

“亲爱的佩恩医生，正如你所知，我们一直在从贵院收集流产胎儿来做组织培养。我们的项目现在进入了新阶段，正在尝试从流产胎儿中分离相关的病毒……我们希望您能帮助我们开展这个研究项

目。”[431]

普洛特金得到了佩恩的帮助，也得到了其他地区医院妇产科的帮助。但是，最大的帮助来自那场当时正在向美国东部逼近的风疹疫情。

随着疫情扩散，普洛特金开始持续收到流产胎儿。有些胎儿是装在塑料袋里，从地区医院送过来的。有些胎儿则是他自己去取的；他将它们装在实验室的瓶中，带着它们穿过大街，从宾大医院回到研究所。他解剖并切碎胎儿的器官，将组织碎片移入培养瓶中，再将培养瓶放进孵化器，让它们生长，然后测试它们是否含有风疹病毒。测试结果对他很有利：风疹病毒感染了几乎所有的胎儿器官。

如果胎儿的母亲是普洛特金未接触过的患者，我们就不知道相关的医生是否征询过她的同意。如果胎儿的母亲是普洛特金亲自接诊的，并且她是基于普洛特金的咽拭子检测结果而选择堕胎的，普洛特金一定征询过她的同意。在至少一个案例中，普洛特金检测得出的信息对于事关的那位妇女而言肯定十分令人痛苦。

“亲爱的艾森伯格医生，”普洛特金在1964年感恩节前两天给新泽西州切里希尔的一名医生写信道，“上次你来信询问关于［F］太太胎儿的研究，我特此告知你，到目前为止，我们还没有在胎儿体内发现风疹病毒……在［F］太太这个病例里，病毒可能没有传染给胎儿。”[432]

在他写信时，普洛特金已经收到并检测了31个风疹胎儿。他发现有17个胎儿感染了风疹病毒。[433]

在31个胎儿中，第27号胎儿进入了科学史。它来自一名25岁的女性，她在末次月经后8周感染风疹病毒。16天后，她出现了淋巴结肿大、出疹的症状。对出疹第二天采集的鼻拭子进行风疹化验，结果呈阳性。两周后，第27号胎儿的母亲接受了堕胎。

“胎儿被立即解剖。”普洛特金在那篇向科学界宣告他加入风疹疫苗竞赛的论文中写道，“对几个器官［的碎片］进行培养，成功用肺、皮肤和肾培养出细胞。发现全都……携带风疹病毒。”[434]

第27号胎儿的肾组织培养出的病毒生长得特别好——浸泡过细胞的液体中出现了大量病毒。他把这种病毒命名为RA 27/3。“RA”表示“风疹堕胎”（rubella abortus），“27”表示病毒的来源是他在1964年那场疫情中收到的第27号胎儿，选择“3”是因为肾是他从第27号胎

儿采集的第三个器官。普洛特金研制疫苗时使用的就是这种病毒。

就像此前海弗利克那样，普洛特金在玻璃瓶中培养第27号胎儿的肾细胞，将它们浸在培养基中，放到95℉的孵化器里，然后在细胞覆盖第一个瓶子的底部时，将它们分离到两个瓶子里。肾细胞分离四次后，他将充满病毒的液体提取出来，注入含有海弗利克提供的WI—38细胞的新鲜培养基中。[435]

他每隔十天左右就引入一批新鲜的WI—38细胞，总共又进行了三次。从最后那批WI—38细胞培养基中，他采集了含有病毒的全部黄色液体，将它分成若干试样，把一茶匙的量装进有螺旋盖的试管中，在——76℉条件下冷冻。要等好几个月，他才会把疫苗取出来，解冻，准备首次将RA 27/3接种给人类。

第十一章　狂犬病

费城，**1962—1964**年

摩洛哥，**1964**年

明尼苏达州瓦巴沙县，**1964**年

> 现有的狂犬病疫苗无疑是注入人体的最粗制滥造的生物制品。
>
> ——希拉里·科普罗夫斯基
>
> 在首届人类病毒性疾病及立克次氏体病疫苗国际大会上的讲话
>
> 华盛顿特区，1966年11月[436]

风疹疫苗只是许多疫苗中的一种。1960年代对病毒疫苗的追求，其热烈程度与今天对人类基因组奥秘的探索相当。病毒学和疫苗学吸引了最优秀和最有雄心的科学家。疫苗研发者如果成功，他们不需要等待一生，在幸运的情况下，几年内就可以看到自己的劳动成果救人性命。

1960年代，威斯塔研究所可以说是病毒学界的中央枢纽，在研究所的许多颇有雄心的病毒学家当中，作为领导者的科普罗夫斯基最为雄心勃勃。1940年代，他在里约热内卢为洛克菲勒基金会工作时，观察过一只患狂犬病的吸血蝠——后来解剖了它的大脑，在显微镜下寻找狂犬病的特征——那之后他便对这种疾病极其关注和着迷，急切地想研制出狂犬病疫苗。1944年，他在特立尼达岛拜访了著名的狂犬病科学家J.L.帕万，这趟旅程加深了他研制狂犬病疫苗的兴趣。[437]甚至1950年代在与萨宾竞争获批生产口服脊髓灰质炎疫苗时，他就在关注狂犬病。仅仅在十年里，他就发表了21篇关于狂犬病的论文——他一生写了187篇，差不多是关于脊髓灰质炎的论文的四倍。

狂犬病是对人类而言最致病的传染病。感染者一旦出现症状，几乎都会死亡。[438]在全球范围内，狂犬病是一个严重的负担。2013

年，世卫组织估计全球每9至20分钟就有一人死于狂犬病，同时承认这可能低估了，因为还有些病例没有上报，有些病例被误诊了。[439]狂犬病死亡病例中有大量儿童，其中大部分很贫困，几乎全部来自发展中国家的乡村地区。例如，在印度，狂犬病每年的致死人数在1.3万至3万之间。[440]

狂犬病毒呈弹状，存在于动物的唾液中。狂犬病毒几乎都通过病畜造成的贯穿伤感染。[441]（在极个别情况下，狂犬病毒通过吸入传染，例如，蝙蝠洞穴中探险者的感染。[442]在极罕见的病例中，可因接受角膜移植而感染，角膜主人的死因在当时未知，后来才发现是狂犬病。）[443]

和风疹病毒不同，狂犬病毒不会侵入血液。相反，它尤其偏爱神经细胞。人被咬伤后，病毒会进入伤口附近的神经细胞，通过神经细胞向上朝大脑移动。在到达大脑数日、数周、数月，甚至数年后，病毒会造成一系列可怕的症状。最初的症状不严重，包括发热、咽喉发炎、肌肉疼痛，以及食欲不振。随着病毒在大脑中迅速扩散，感染者的状况便急转直下。通常，患者会对光、声以及触摸特别敏感。他们会变得易怒好斗，可出现幻觉和惊厥。患者大多神志清醒，但持续时间越来越短。

狂犬病毒还会沿着神经细胞从大脑向下移动，到达肾、肺、肝、皮肤和心脏——还会到达泪腺、汗腺和唾液腺，造成这些腺体过度分泌。与此同时，病毒导致吞咽困难和疼痛，再加上唾液过多，口中会产生白沫。在约半数感染者中，看、听、想或吞咽水都会导致膈肌、咽喉和呼吸肌疼痛和痉挛。由于患者对水特有的恐惧，狂犬病亦称“恐水症”。

有些患者会出现肢体瘫痪，向上发展，直至呼吸肌瘫痪，患者窒息。还有些患者陷入昏迷，而后死亡。从症状出现开始，整个过程持续5天至3周。

20世纪中叶，美国部分州的野生动物狂犬病发病率明显升高，引起了公共卫生部门的警惕，以及受影响社区居民的恐慌。在印第安纳州，经实验室证实的动物狂犬病病例从1952年的156例，增加到1954年的374例。两年里，纽约州的确诊动物狂犬病病例从340例增加到511例。在明尼苏达州，1948年上报的动物狂犬病病例只有5例，1952年增加到了264例。那年脊髓灰质炎大爆发，但是在“万湖之州”明尼苏达，人们更害怕狂犬病。已证实，牛、猫、囊地鼠、土拨鼠、麝鼠、狐狸、马、浣熊，以及更为人所知的狂犬病毒携带者——臭鼬和狗之中，都出现了狂犬病病例。病例不仅限于乡村地区。在明

尼阿波利斯，人们在第55街和科尔法克斯大道交叉路口捕获了一只患狂犬病的臭鼬，在第42街和皮尔斯伯里大道交叉路口捕获了一只患狂犬病的猫。有新闻报道说，儿童被患狂犬病的臭鼬追赶。

“我们像坐在火药桶上一样。”明尼苏达州疾病预防和控制机构的主管迪恩·弗莱明说道。[444]

1952年，美国有24人死于狂犬病。[445]了不起的是，明尼苏达州一人都没有。[446]

当时美国已有的狂犬病疫苗与法国微生物学家路易·巴斯德在1885年发明的著名原始配方没有多少区别。[447]

它用患狂犬病兔子的干燥脑或脊髓碎片制备而成，其中的病毒已经用化学品或紫外线灯杀死。患者被咬伤后，要连续14至21天在腹部注射这种疫苗，逐渐增强疫苗的效力。

注射痛且有风险。尽管疫苗中的病毒应该已经灭活，但是也有例外情况。1960年，在巴西的福塔莱萨，66人注射了兔脑制成的疫苗，但疫苗中本应该被苯酚灭活的病毒仍然活着。其中18人——年龄都不超过30岁——感染了狂犬病并死亡。[448]

还有些人接种了以脑组织制成的狂犬病疫苗后，因对其中神经组织的过敏反应而虚弱、瘫痪、昏迷，或者死亡。[449]这种过敏反应叫作过敏性脑炎，在接种者中发生率为1/600至1/500，并将导致严重后果，因为患者的免疫系统在接触疫苗中动物脑蛋白时被激活，进而攻击脑中的同一种蛋白，即髓磷脂碱性蛋白。[450]

因此，人们被可能患有狂犬病的动物咬伤时，总是面临痛苦的选择：冒着可能出现严重过敏反应的风险接种疫苗，或者不接种疫苗，用生命去赌动物没有携带狂犬病毒。

1950年代中期，印第安纳波利斯的礼来公司的科学家似乎取得了进展，研制出一种狂犬病疫苗。他们使用透明无色的液体β—丙内酯将病毒灭活，放到受精鸭卵——鸭胚——中培养。[451]“在病毒增殖时使用［鸭胚］代替兔脑，清除了疑似会导致神经系统并发症的髓磷脂。”科学家们写道。在制备疫苗的过程中，在孵化前几日采集含有病毒的胚胎，切掉它们的头部。这样降低了发生过敏反应的风险，制备出的疫苗有“明显的优势”。[452]

像以前的疫苗那样，鸭胚疫苗也要尽快注射给被咬伤患者，根据

咬伤严重程度，连续注射14至21天。首次全程注射之后，每隔一段时间还要加强注射。1958年被礼来公司推向市场后，这种疫苗很少引起过敏反应，但后来也出现了严重的问题：它并不像使用兔脑制备的疫苗那样能够有效地激发狂犬病毒抗体。[453]

与此同时，野生动物的问题并未消失。1961年，美国有近2700例确认的动物狂犬病病例，不包括宠物猫和宠物狗——这个数字差不多是20年前的三倍。[454]狂犬病导致的死亡人数——1950至1961年是121人——与麻疹、脑膜炎等疾病相比很少。[455]但是，它们的细节无疑令人惊恐，而且就像如今在发展中国家那样，狂犬病毒致死的儿童数量特别多：1946至1965年美国因狂犬病而死亡的患者半数年龄不超过15岁。[456]

几乎从海弗利克在1962年6月研制出WI—38细胞时开始，他的上司希拉里·科普罗夫斯基就计划使用它们来发明一种安全有效的狂犬病疫苗，这种疫苗要弥补现有疫苗亟须修正的严重缺陷。最近的一项重要进展告诉他，WI—38细胞极有可能投入使用：1958年，在亚拉巴马州蒙哥马利的传染疾病中心实验室工作的病毒学家R.E.基斯林，证明狂犬病毒不必在切碎的动物脑和脊髓中增殖，甚至也不用在随后被切头的完整鸭胚中增殖；它可以在培养的细胞，甚至非神经细胞中生长。[457]1962年11月，科普罗夫斯基让人在威斯塔研究所以WI—38细胞培养了狂犬病毒。[458]

研发这种疫苗的繁重工作——实验室中长时间的日常工作——科普罗夫斯基交给了塔德乌什·“泰德”·维克多。维克多是一名和蔼的流亡者，还是一名波兰装甲老兵。他在位于法国阿尔福的国家兽医学院获得了兽医学博士学位。1955年，他和科普罗夫斯基在肯尼亚穆古加的狂犬病课上相遇。当时，维克多在比属刚果的政府兽医机构工作。据说他在那里被野狗咬伤，只好去注射用脑组织制成的狂犬病疫苗。[459]科普罗夫斯基开始劝说维克多去威斯塔工作。1961年，维克多40岁，去了威斯塔研究所。

通常，科普罗夫斯基是个不爱插手的管理者。但是，在涉及狂犬病时，他兴趣浓厚，因而在指导维克多和马里奥·费尔南德斯时很仔细。马里奥·费尔南德斯也是威斯塔研究所的科学家，是位矮胖的、笑呵呵的兽医，长着一头黑亮的头发。他最近才从葡萄牙里斯本的国家兽医研究所跳槽到威斯塔。

最初，在以WI—38细胞培养狂犬病毒时，他们遇到了困难。他们用感染了病毒的培养液浸泡未感染的新鲜细胞，结果新细胞很难感染。1963年，他们解决了这个问题，先用胰蛋白酶打破未感染瓶中的

细胞膜片，再将细胞——不仅仅是浸泡过细胞的液体——转移进装着未感染的WI—38细胞的新瓶。结果表明，狂犬病毒在细胞间传递，而不是通过液体培养基传递。[460]

1963年9月，海弗利克研制出WI—38细胞后不到一年，他们就取得了巨大的成功：科普罗夫斯基向一群能够明白新狂犬病疫苗重要性的人做了一场乐观的汇报。这群来自十八个国家的数十位病毒学家在克罗地亚的度假小镇奥帕蒂亚开会，研讨全新的人二倍体细胞，以及它们用于生产病毒疫苗的可能性。

科普罗夫斯基向那些科学家汇报：他和同事成功地让狂犬病毒在WI—38细胞中茁壮生长。他们用无色的液体β—丙内酯将病毒灭活，以小鼠测试制备出来的疫苗，结果给小鼠注射活体狂犬病毒后，疫苗保护了它们。实际上，它的保护效果远远超出了监管者要求的小鼠测试中的最低水平。[461]小鼠不是人，但是这些都是好迹象。“看来，现在可以生产安全有效的人用狂犬病疫苗了。”科普罗夫斯基宣布道。

1964年5月8日，一位名叫比利（化名）的8岁男孩——他父亲是驻扎在摩洛哥拉巴特的美国空军的一员——被自家的狗咬伤了脸，那是一条流浪的德国牧羊犬，一年前他的家人从街上捡回了它。他们没有给狗接种狂犬病疫苗，而且让它随处走动。男孩的父亲射杀了它，然后带儿子去了33英里外盖尼特拉的美国海军机场的医院。他们在咬伤后3小时内到达医院。按照医生计数，比利的左颊和下巴共有8处深及肌肉的贯穿伤。他们清洗了伤口，在体重60磅的男孩腹部注射了美国制造的鸭胚狂犬病疫苗。[462]

第二天，被咬伤19小时后，比利遵医嘱回到了医院。医生又给他注射了一剂鸭胚狂犬病疫苗。医生还在他的伤口、臀部注射了马狂犬病抗体。这叫作“被动免疫”，为患者提供现成的免疫力，保护他们，直到他们自己的免疫应答在疫苗的刺激下全面起效。至今，被动的抗体注射仍然是咬伤后预防狂犬病的一个重要措施。（在发达国家，人狂犬病抗体已经取代了经常会引起过敏反应的马抗体。）

咬伤事件发生2天后，那条狗的脑在卡萨布兰卡的巴斯德研究所接受了检验。病理学家在显微镜下观察脑细胞，发现其中散布着染成深紫色的圆形包涵体。它们是内基小体，里面充满了病毒，是狂犬病的显微特征。

随后的12天里，比利每天都回医院注射鸭胚疫苗。在注射结束后的第10天和第20天，他还接受了加强注射。6月中旬，他又继续过正

常男孩的生活。

1964年5月9日，在比利被咬伤后次日，田纳西州东北部山区小镇的报纸《金斯波特新闻时报》的头条标题是“狂犬病威胁日增”。“霍金斯县灰狐群体中的狂犬病疫情正愈演愈烈，在过去一个月里已有9例确诊。”文章开头这样写道。

“情况十分严重，一位卫生部门工作人员建议，人们在山区或林区步行时最好带上木棒防身。”[463]

一位居民报告说，一只灰狐躲在他家的前廊下面，冲出来想咬他。这只灰狐被他家的三条狗赶走了。但三条狗没有接种过疫苗，主人只好处死了它们。[464]

在金斯波特县正南边的格林县，接下来的几个月里约有1100条散养的狗被射杀，还有超过100人被患狂犬病的狐狸咬伤。农民外出都带上猎枪。白天渐短时，学校也推迟了到校时间，让孩子们不用在天亮前在街上等校车。[465]

1964年，美国动物狂犬病发病数量增长了20%，达到近4800例。这一增长来自野生动物。尽管越来越多的人为自己的宠物接种疫苗，家犬和家猫的狂犬病病例在稳步减少，但是减少量被野生动物，尤其是臭鼬和狐狸完全抵消了，结果动物狂犬病总数甚至还出现了增长。在当年的狂犬病动物病例中，野生动物有4155例，占总数的86%。[466]有些科学家推测，打猎获取皮毛的活动减少，导致野生动物的数量迅速增加，为狂犬病毒提供了一个巨大的蓄水池。[467]

在密西西比州，此前两年没有动物狂犬病的病例报告，但是当年却有57人被患狂犬病的蝙蝠咬伤——其他43个州也发现了这种蝙蝠。在佐治亚州南部，过去18年中有17年没有出现动物狂犬病，当年却发现了107只患狂犬病的浣熊。包括缅因州、新罕布什尔州和康涅狄格州在内的东北部各州20年来首次出现了动物狂犬病病例的显著增长。[468]“坦白说，我们面对一个无法解决的问题。”传染疾病中心兽医部门的主管詹姆斯·H.斯蒂尔对《华尔街日报》说。[469]

同一篇文章还引述了科普罗夫斯基的话，说他正在用人细胞研制更完善的疫苗，并且准备以加利福尼亚州瓦卡维尔的州监狱里的70名囚犯“志愿者”测试疫苗。这次试验似乎并未开展，因为医学文献上没有相关报道。

1964年8月3日，在被狗咬伤3个月后，比利变得暴躁。他抱怨嗓

子疼，还低热。医生检查后发现他咽喉发红，于是取咽拭子化验细菌，并给他开了青霉素。

此后3天，比利更暴躁了。他不让人触碰，食欲不振，在温度变化时会哭喊或抽搐。他怕水，服用青霉素时也不喝水。他还说吞咽东西时嗓子疼。

出现这些症状后第3天，父母带他回到了海军机场的那所医院住院治疗。他很惊恐，不愿被人触碰。医生为他做检查时，他使劲退缩。

在接下来的2天里，比利的病情恶化了。他拒绝喝任何东西，开始大量分泌唾液。他不吞咽唾液，所以口水流下了嘴角。到达医院40小时后，他双手、双膝跪爬在医院的床上。他告诉护士，这样可以减轻床单对皮肤的刺激。他试图咬照顾他的人，甚至在注射镇静剂后仍然这样。他的消化道开始出血，肌肉开始剧烈痉挛，呼吸变得困难。最终，经历了几次不受控制的发作后，他去世了——在他到达医院47小时后，被狗咬伤90天后。

医生进行了尸检。位于卡萨布兰卡的巴斯德研究所的专家没有在他脑中发现内基小体。（约20%的狂犬病病例没有内基小体，因此这不能用来排除狂犬病。）他们采集了他的脑组织，注射到一只兔子的脑中。16天后，他们处死兔子，检查了它的脑细胞，在其中发现了内基小体。

那些后来在《内科学年鉴》上描述比利这个病例的医生，并没有说这是一起一目了然的疫苗失效案例。或许疫苗在从美国出发运往摩洛哥的那座海军机场时是有效的，但是在运输过程中损坏了。或许在咬伤19个小时后才在伤口注射马抗体太晚，病毒已经从比利的面部神经移动到了不远处的脑；有些专家认为，病毒一旦进入神经，抗体就无法攻击它们。或许马抗体摧毁了鸭胚疫苗中的许多病毒，比利没有产生足够强的免疫应答。当时已经证明，马抗体对疫苗的这种影响会出现在人身上，这也是至少要注射14天疫苗并进行2次加强注射的原因。或许比利需要注射的疫苗多于14天，或者应该在初次免疫后，在更长一段时间内多进行几次加强注射，让免疫系统继续快速工作。这些推测永远都不会有定论。[470]

当比利在摩洛哥濒临死亡时，明尼苏达州瓦巴沙县的10岁男孩加里·施普里克正与他的姐姐以及4岁大的外甥在他家农场上的帐篷里露营。8月5日，他正睡着，一只臭鼬钻进帐篷，咬伤了他的右腕以及左手的食指和小指。他姐姐打开手电筒，那只臭鼬才松口逃跑了。医生

在病例中写道，臭鼬造成的伤口“不是整齐的贯穿伤，而像被咀嚼过”。[471]

咬伤的当天，加里就注射了鸭胚疫苗，随后又连续注射了13天。没有相关记录显示他是否也注射了马抗体。8月25日，在被咬伤20天后，加里发现右臂麻木了。他出现了发热和肌肉疼痛的症状，还说脖子僵硬。症状出现3天后，他到罗切斯特的一家医院住院治疗，此时四肢的麻痹症状已经延伸到了躯干。他开始出现幻觉，动作不协调，高热104℉。9月1日，他去世了。

一年后，传染疾病中心发布了加里·施普里克的死亡报告。报告称，他的狂犬病潜伏期——从咬伤到出现症状的时间——特别短，只有20天。“经验表明，狂犬病疫苗通常只有在……潜伏期超过30天的情况下才会起效，”他们总结道，“所以这并不会被视为一次疫苗失效的案例。”[472]作者们显然没有因为这种循环推理而感到窘迫。

1966年，传染疾病中心发布了关于另一名10岁儿童的类似报告，报告中的意见却发生了改变。这名男孩也是在后院的帐篷中被袭击的，只是这次是在南达科他州；咬伤男孩的也是一只患狂犬病的臭鼬；男孩也在被咬伤后及时注射了21针鸭胚疫苗；最终他也痛苦、缓慢地死去。

传染疾病中心的作者写道，南达科他州男孩的死亡表明当前的治疗方法存在严重缺陷。“尽管处理过程近乎完美，包括彻底清洗伤口［、在伤口处注射马抗体］，以及接受了完整的疫苗注射疗程，但是患者仍然在咬伤后不到30天狂犬病发作。”[473]

1964年，也就是野生动物狂犬病病例激增到几十年里最高水平的那年，美国大约有3万人在遭遇可能患狂犬病动物攻击后接种了疫苗；传染疾病中心后来估计，其中只有100至200只动物真的患有狂犬病。[474]在被咬伤的受害者中，只有加里·施普里克一人死亡。1965年，只有一名美国人在被病犬咬伤后死亡，那是西弗吉尼亚州一位60岁的伐木工，他在咬伤后也立即注射了14天疫苗。[475]南达科他州那名在咬伤后立即接种了鸭胚疫苗的男孩是1966年美国唯一一个死于狂犬病的人。鸭胚疫苗在许多病例中显然起效了，但是对少数伤心的家庭来说，它的效率还不够高。

1964年9月，也就是加里·施普里克去世的那个月，科普罗夫斯基、维克多和费尔南德斯为了传播得更广，选择在《免疫学杂志》上发表科普罗夫斯基一年前在克罗地亚奥帕蒂亚的研讨会上展示过的令人激动的研究发现：他们已经用WI—38细胞研发出了一种狂犬病疫

苗，并且用这种疫苗成功地给小鼠免疫了。[476]这时，他们已经以更接近人类的物种测试了这种疫苗，测试对象是位于加利福尼亚大学戴维斯分校的全国灵长目生物学中心的50只恒河猴。[477]测试结果鼓舞人心。恒河猴全都立即产生了狂犬病毒抗体，并且在接种14天后抗体水平达到最高。之后，它们的抗体水平略有下降，然后又在相较于控制组动物较高的水平上维持了3个月；追踪观察结束后，科普罗夫斯基的团队才发表了这篇论文。[478]当然，这种疫苗还没有通过最重要的一项测试：在动物注射了真正致病的狂犬病毒后保护它们。

那年9月，科普罗夫斯基还向美国专利商标局提交申请，注册了一项“狂犬病疫苗生产方法”专利。[479]在申请文件中，他、维克多和费尔南德斯是发明人，成果是一种以海弗利克提供的细胞制备，因而更有效、更安全的新疫苗。

因为国家卫生研究院的国家过敏与传染病研究所拨款支持了他们三人研制的改良狂犬病疫苗，所以在通常情况下，威斯塔研究所不能申请专利——在那个年代，美国政府对所有使用其资助取得的成果都声称拥有所有权。然而，在个别情况下，政府确实会弃权，前提是美国官员相信：让威斯塔研究所这样的机构申请发明专利，再授权给公司，是让新发明更快上市、造福公众的唯一途径。对于这种可能大大改良的狂犬病疫苗，美国政府发布了弃权声明，允许威斯塔研究所在成功申请专利后成为专利的所有人。[480]

专利授权威斯塔研究所在未来17年独家制备和销售新疫苗。当然，威斯塔研究所并不是疫苗公司。但是，专利证书让研究所有权与公司协商并授权它们制备和销售疫苗——作为回报，这些公司要向研究所支付专利使用费。科普罗夫斯基作为所长，有权将专利使用费的一部分转移进发明人——他自己、维克多和费尔南德斯——的口袋。

那份专利申请上并未列出海弗利克的名字。实际上，他对此完全不知情。

第十二章　孤儿与普通人

费城，**1964—1965**年

新泽西州汤姆斯里弗，**1964—1968**年

> 因此，内科和外科医学的道德准则是，绝不以人体进行可能造成任何伤害的实验，即使实验的结果可能为科学，也就是为他人的健康带来巨大的益处。
>
> ——克洛德·贝尔纳，法国生理学家，1865年[481]

圣文森特儿童之家位于费城西南格林威大道6900号，是一座三层红砖楼，占了差不多一个街区。它对称的两座翼楼上开着长排的长方形窗户。宽大的阶梯从人行道延伸上去，通向两扇弹簧门。两扇门上方是三角楣饰，三角楣饰的最上面是石头十字架，因为这所1937年奠基的儿童之家由罗马天主教费城大主教区拥有和运营。

尽管很多人把圣文森特儿童之家称作孤儿院，但是1964年11月时，那里的65名儿童并非全都父母双亡。[482]有些孩子的父母身患疾病，或一贫如洗，或身陷囹圄，或即将如此。有些孩子的母亲未婚，她们选择或被迫放弃了自己的孩子。[483]许多这样的年轻母亲在街对面为未婚母亲开设的圣文森特妇幼医院生产，1965年那里的新生儿总数超过了400名。[484]在医院出生、到1岁时还没有被领养或寄养的婴儿——通常是黑人或混血婴儿，很难找到愿意收留他们的人——就转到55码开外的儿童之家。[485]

圣文森特儿童之家有五名修女，还有一些护工，她们要给学步的婴儿穿衣服，喂饭，换尿布，与他们玩耍，还要每晚像流水线上的操作工一样给他们洗澡。儿童之家还有两名厨师、两条领养的狗，分别叫詹米和史蒂夫，以及一名坏脾气的维修工梅西纳先生。[486]

修女属于耶稣宝血女修会，她们身穿不实用但舒适的白袍，在给婴儿换尿布时，白袍的宽大袖子经常沾染尿液。她们住在三楼简朴的单人间里，在一楼的小教堂做礼拜。

孩子们住在下面两层楼的其他地方。住处很简朴，地面是坚硬的

水磨石，洗手间是一个大通间，里面装着很多小马桶。修女们用爱来弥补物质方面的简朴，确保孩子们每天都能到围着铁丝网的小操场上玩耍，专门抽时间给他们读故事，还会陪他们步行去附近的科布斯溪水公园。儿童之家的院长阿加佩嬷嬷特别关心孩子们。她会在夏天安排孩子们去海滨别墅过上一周，还会利用州政府检查员偶尔来访的机会，尽可能地从大主教区要来资金以购买新床单之类的东西，让儿童之家更漂亮。大家都知道，她不赞成儿童之家的工作人员仅以挣钱为目的在那里工作。

不过，修女们都很担心孩子们。年近30岁、身材娇小的奥地利裔修女达米亚纳嬷嬷认为，他们毕竟都是孩子，人数还很多。每个人都需要一两名成年人可以依靠——而这个水平的照料，她却无法提供。

有些时刻令人心碎。比如，在领养家庭来儿童之家带走某个男孩的时候，男孩会崩溃，绝望地号哭。玛丽·约瑟夫嬷嬷难以忘记一名失聪女孩脸上的失望；女孩在市中心酒店参加一年一度的圣诞聚会时，大主教约翰·约瑟夫·克罗尔递给她一份包装精美的礼物，她却发现它只是个装饰品，是一只空盒子。[487]

秃头、戴眼镜的克罗尔1961年接任了枢机主教约翰·奥哈拉，成为费城的大主教。正是从克罗尔大主教那里，斯坦利·普洛特金获许在圣文森特儿童之家的孩子们身上研究他新培养的RA 27/3风疹病毒。[488]

在请求克罗尔大主教许可的信中，普洛特金并没有说明，他是从一个流产胎儿捕获了疫苗病毒，并以另外一个流产胎儿的细胞培养了病毒。克罗尔强烈反对堕胎。1973年，美国最高法院就罗诉韦德案作出判决，堕胎合法化，他将这份判决称为“无法形容的国家悲剧，推动社会朝可怕的方向发展”。[489]

但是1964年，大主教同意进行风疹病毒研究。

“受试者是31名健康、正常的儿童，在14至29月龄（平均为21月龄），来自费城大主教区管辖的一家孤儿院。”普洛特金在就这项研究撰写的论文中写道，“这些儿童的父母或监护人许可了他们参与研究。”[490]

至于美国政府的许可，普洛特金甚至都不确定自己是否需要。要以人体测试显然为疫苗的产品，确实需要罗德里克·默里的生物制品标准部给予正式的许可，许可的形式是一份叫作“新药试验豁免”的文件。要获得这项许可，相关产品必须通过生物制品标准部列出的实验

室和动物测试。

1964年5月，普洛特金写信给生物制品标准部，称RA 27/3为“非疫苗材料”，说自己想进行一项试验，试验的“目的是造成实验性的风疹”。他问，这项试验是否需要生物制品标准部的许可？如果需要，RA 27/3要通过哪些安全性测试？是否能够尽快回复？“我们十分希望尽快开始测试这种材料。”[491]

一周后，他收到了答复。“这种活动与真正的［疫苗］制品研制之间的界限并不清晰。”默里写道。许多处于疫苗研制初期的实验室，也向生物制品标准部备案了它们的拟定试验程序，也就是试验计划，因为它们的研究工作可能随时“具有一些疫苗研发的性质”，默里补充道。但是普洛特金不用获得正式的许可，他不用通过重重关卡。无论他做什么，默里说，“当然都要以伦理考量为指导”。[492]“你应该保护好自己。”默里建议道，让他确保提前将他提议的项目交给一个“客观的顾问团”评审。最终，普洛特金应该听从国家卫生研究院的专家委员会，也就是一年前在《科学》上就人二倍体细胞公开表态的那个委员会的建议。[493]

海弗利克和穆尔黑德在1961年发表论文，描述了在实验室培养的新的正常胎儿细胞，以及它们在疫苗制备方面的潜力。这篇论文发表后不到一个月，默里就组建了那个专家委员会。

委员会1963年1月在《科学》上发表报告，谨慎地提出警告，人二倍体细胞或含有致癌或有害的潜藏病毒。他们竭力主张，先将用这种细胞制成的新疫苗接种给一两名成年人，仔细追踪观察至少6个月，以防疫苗受到了肝炎病毒或其他潜伏期较长的病毒污染。默里对普洛特金说，“如果你已经从其他关于二倍体细胞的研究中获得能够满足［委员会］建议的数据”，就不用担心这些建议。[494]

普洛特金觉得自己确实拥有这样的数据。一年前，安静、坚定的南斯拉夫疫苗学家德拉戈·伊基克已经给5000名克罗地亚学龄前儿童接种了用WI—38细胞制备的脊髓灰质炎疫苗，没有观察到不良反应。

普洛特金没有召集一个“客观的顾问团”来预审他的研究项目。但是，他在2016年写道，他可能咨询过默克公司的疫苗主管希勒曼，以及宾大医院的儿科医生罗伯特·魏贝尔；魏贝尔与默克公司合作密切，共同开展过多项疫苗试验。[495]

普洛特金在给生物制品标准部的信上说，自己在使用一种“非疫

苗材料”。因为他不希望默里及其员工将RA 27/3病毒定义为疫苗，进而干扰他的试验，要求他进行实验室和动物测试，而这些都会拖延他的进度。[496]实际上，他特别希望RA 27/3是一种即将成形的疫苗。但是他也知道，目前这种病毒的毒性减弱幅度还很小。他仅仅在WI—38细胞中对它进行过四次传代培养，它还未丧失对人的致病性。它很可能会让那些学步的幼儿患上严重的风疹。毫无疑问这将证明，他从第27号胎儿肾脏中捕获的这种物质确实是风疹病毒。倒不是说他怀疑这点，而是其他人可能会怀疑。

普洛特金在那年春天写信给同事西奥多·英戈尔斯说，这次试验还让他能够研究风疹在儿童之间的传播，以及实验性注射使学步幼儿产生的免疫力。[497]英戈尔斯是著名的流行病学家，供职于亨利·菲普斯研究所（属于宾大）。他为普洛特金实验室的一名技术员发薪水，以此支持普洛特金的工作。

普洛特金并非首位想使人感染风疹的科学家。1938年，两位日本研究人员——田坂定孝和弘好文——将病毒活跃期患者的鼻洗液注射给儿童，在儿童身上引发风疹，证明风疹几乎一定是由病毒引起的疾病。[498]1953年，纽约大学的儿科医生索尔·克鲁格曼抽取患风疹儿童的血样，注射给1至6岁的儿童，使这些儿童感染风疹。[499]1962年，国家卫生研究院国家神经系统疾病与失明研究所的所长约翰·塞弗，用拭子或滴管将捕获自患者的病毒注入多名男囚的鼻腔，让他们患上了风疹。[500]

和那个时代的其他类似研究一样，这些使人染上风疹的研究并没有遭到抵制。而且，在普洛特金准备让儿童感染风疹时，美国正处于一场前所未有的风疹疫情中。就像在第二次世界大战期间，前线面临重重危险的将士的震耳呼声让医学研究人员愿意以无法想象的方式使用人类那样，在1964年的严重风疹疫情中，人们对风疹疫苗的迫切寻求也让普洛特金和他的同代人十分焦急，以致在用福利机构中弱势儿童测试疫苗时，将所有不安抛到了一边。另有一件事也让他们宽心：德国麻疹——不像脊髓灰质炎，也不像生物制品标准部的默里故意让囚犯感染上的肝炎——对于胎儿以外的人来说通常是轻症。它已证实的严重并发症——脑炎，在成人身上很少见，在儿童身上更是极其罕见。因此普洛特金说，他在首次用人测试RA 27/3时并不担心。[501]

对普洛特金的目的而言，圣文森特儿童之家的布局可谓完美。两座翼楼相互独立，意味着这项研究中的儿童——1岁大的住在东楼二层，2岁大的住在西楼二层——可以隔离开来，既不会与同一层楼另外一座翼楼的儿童接触，也不会与同一座翼楼一层那些大一点的儿童接触。但是，在东楼二层和西楼二层内部，学步儿童可以继续一起吃

饭、睡觉和玩耍。

“大通间寝室共有两间，每间面积约为256［平方英尺］，摆放八张婴儿床。他们睡在其中一间。”普洛特金在报告中写道。[502]如果RA 27/3病毒有足够的传染性，能够从接种的儿童传染给同组中未接种的对照儿童，那么东楼二层和西楼二层封闭的独立空间就是观察这种传染的最佳地点。

风疹病毒的这种传播极受关注，因为儿童是风疹疫苗的潜在接种对象，如果已接种的儿童将疫苗中的病毒传染给他们怀孕的母亲，后果将十分严重。在试验开始前，普洛特金为东楼二层和西楼二层的所有女性护理人员，即修女和女护工做了血检，看她们是否已有风疹病毒抗体。他在总结圣文森特儿童之家这项首次试验的论文中写道，她们都已经对风疹有了免疫力。[503]

普洛特金计划测试两种疫苗接种方法：皮下注射与鼻内投药，后者指“强力控制住孩子”，用滴管将液体疫苗滴入一只鼻孔。因为在自然感染中，风疹病毒会先寄居在鼻腔和咽喉，再侵入血液，所以鼻内投药的方法或许可行。此外，这种方法或许费用更低，因为该法接种的技术要求更低。另外，几乎可以肯定的是，这种方法可以让孩子减少哭闹。

在把RA 27/3带去圣文森特儿童之家之前，普洛特金进行了多次安全性测试，以检测其中是否含有细菌、真菌、无所不在的支原体，他最终发现疫苗是洁净的。[504]他通过腹部和脑部给药，以20只幼年小鼠、20只成年小鼠、6只豚鼠对疫苗进行了动物试验。他还给10只兔子进行了皮下注射。这些动物在6周内都很健康。[505]

1964年秋，普洛特金觉得已经准备好，可以为圣文森特儿童之家的孩子们接种疫苗了。他分两部分进行试验，每部分用时6周，之间间隔10周，其中包括圣诞节假期。接种方式有皮下上臂注射与鼻内投药。一些儿童接种的病毒剂量较高，一些则较低。还有一些儿童不接种，作为控制组。

在两部分试验中，研究人员每日检查包括接种组和控制组在内的所有儿童，查看他们是否有发热、出疹、淋巴结肿大等症状，并且每三四日采集一次咽拭子。在试验开始和结束时还要对儿童做血检。

每过几天，普洛特金会沿着伍德兰大道驾车三英里，去儿童之家为学步儿童做检查，收集咽拭子。在他不去的日子里，别人会为孩子们测量体温，检查是否出疹。这些人或许包括受过医护训练的玛丽·约

瑟夫嬷嬷，以及费城大主教区的医生霍斯特·阿格蒂。

实际上，东楼二层和西楼二层上所有儿童都参与了试验。在研究开始前，他们几乎都没有风疹病毒抗体。[506]

从这项试验中，普洛特金了解了几件重要的事。从试验前没有风疹病毒抗体的儿童身上，他知道了他的病毒会让接种者患上风疹。11名没有抗体的儿童中，有9名在接受注射后出疹。大多数儿童腺体肿大，半数儿童发热，体温达到103℉。在出疹前后一周，他们的咽喉都检出了活体风疹病毒。并且，他们所患的风疹还会传染。4名未接种儿童被其他接受注射的儿童传染了。接种剂量较高的儿童症状也较严重，并且只有他们将病毒传给了未接种儿童。[507]

RA 27/3似乎有免疫效果。11名试验前没有抗体的儿童，在接受注射后都产生了抗体。这些抗体显然具有保护作用；第一项试验中接受上臂注射的3名儿童，在第二项试验的第一天又接受了注射。这次他们没有再患上风疹。第一次注射产生的抗体抵御了第二次注射进体内的病毒。

与之形成对比的是，鼻内疫苗并没有引发和传播风疹，但是11名以这种方式接种的孩子中，有9名未产生抗体。

1965年6月初，普洛特金将论文投稿给《美国儿童疾病期刊》，当年10月发表。论文合作者——给他们署名主要是出于礼貌，因为大部分工作是普洛特金自己做的——包括宾大医生英戈尔斯，他为普洛特金实验室的技术员发薪水；还有戴维·柯恩菲尔德，费城儿童医院广受欢迎的资深儿科医生，普洛特金说自己是在他的帮助下得以进入圣文森特儿童之家的。

1965年论文中有表格和图表，展示了RA 27/3病毒是如何致病的。里面还有一张满页照片。那是一名接受低剂量注射的儿童的特写，展示出他或她裸露的背部，以及胖乎乎左臂的后侧。照片最上边恰好可以看到一头棕色的鬈发。这名儿童背部有一块心形的白色皮肤，而其他地方都长满了鲜红色的疹子。

普洛特金写道，试验既成功了，也失败了。RA 27/3在注射后产生了保护性抗体，但同时也引发并传播了疾病。他总结说，尽管它引发的“轻症”没有并发症，症状不严重，但“只有一种无法传染接触者，进而不会危及孕妇的介质”才能作为可接受的疫苗。

普洛特金明确表示要继续研究。他写道，这次的结果是基线。从

这里开始，他要进一步减毒风疹病毒，旨在研制出一种可用的疫苗。

在普洛特金看来，这项工作没法迅速完成。如果历史可以参考，那么下一场疫情再过五六年才会出现。与此同时，这场疫情刚刚结束，到处都传来令人心碎的消息。

史蒂夫·文茨勒和玛丽·文茨勒一心扑在家庭上。这对新婚夫妇开玩笑说要生九个孩子。他们有精力，而且在1960年代初，他们也有时间。两人都是20岁出头的教师，定居在新泽西州的汤姆斯里弗，在费城正东56英里的大西洋海岸。[508]

他们因为工作从特伦顿的繁华郊区搬去汤姆斯里弗。1952年，汽巴-嘉基旗下的大型工厂汤姆斯里弗化工厂建成，原本只有1.7万人口的汤姆斯里弗迅速发展，学校建设难以跟上节奏。因此，史蒂夫——全名为斯蒂芬·约瑟夫·文茨勒三世——去了汤姆斯里弗高中当乐队指导，玛丽则在附近贝维尔的中区初级中学教音乐。

工作第一年，文茨勒夫妇也开始计划要孩子了。1963年秋，玛丽流产过一次。这种情况很常见。她并不担心。

1964年3月的一个早晨，玛丽在办公室的邮箱里收到了学校护士发来的公告。公告说，这所学校受到了一场德国麻疹疫情的影响。据她回忆，公告提醒，预计会有很多学生缺席——如果教师们还没有注意到这点的话。发热或出疹的学生都会被送回家。出现这些症状的教师也不应该来上班。

这是玛丽第一次听说疫情。本来没什么关系，只是她的月经没有按时来，她本能地觉得自己怀孕了。她流产过，知道怀孕的感觉。她还知道——尽管不记得是怎么知道的——孕期患上德国麻疹不是什么好事。她每天都要给125名七、八年级的学生上音乐课。她接触到病毒的可能性很大。

那天晚上，玛丽和史蒂夫商量该怎么办。她在汤姆斯里弗还没有看过病。他们决定，她应该去找她之前在特伦顿郊区汉密尔顿广场生活时的家庭医生文森特·皮卡，他们很信任他。

在去见皮卡之前一两天，玛丽低热，脸上出了浅红色的疹子，于是打了电话请人代课。她驾车36英里去皮卡位于汉密尔顿广场的诊所，一路上非常担心。

在皮卡听她讲述情况，给她做检查时，她看到他也有些担心。医

生在她臀部注射了一针丙种球蛋白，一种提取自人血的抗体。这是为了给人现成的免疫保护——就像人被狂犬病病畜咬伤后立即注射马抗体一样——杀死血液中的风疹病毒，不让其进入子宫，从而达到保护胎儿的目的。对于狂犬病，伤者还要接种疫苗，使自身的免疫系统高效工作，产生自身的抗体。而对于风疹，除丙种球蛋白以外，并没有疫苗可以接种。

然而，丙种球蛋白对风疹是否确实有效却非常不确定。这个问题没有答案。研究人员无法开展前瞻性的、受控的临床试验，让一部分孕妇接受丙种球蛋白治疗，而另一部分不接受。孕妇不会容忍这种做法。她们不是能被轻易操控的孤儿或囚犯。所以，科学家只能通过病史来推断。[509]

英国医生J.C.麦克唐纳研究了1954至1961年间在风疹病毒暴露后接受丙种球蛋白注射的近1.3万名孕妇的病历。他写道，证据显示丙种球蛋白有效地阻止了这些孕妇的风疹。但是，这种推断并不确凿。而且，众所周知，风疹病毒经常会侵入血液，同时又不引发可察觉的症状。如此看来，阻止了孕妇的疾病症状，或许并不等同于保护了胎儿。[510]

因此，在1964年春玛丽·文茨勒去找她以前的家庭医生时，状况是：医生给患者注射丙种球蛋白是因为它无害且可能有效。患者也如此期待。

次月也没来月经后，玛丽去见了当地的产科医生阿尔弗雷德·彼得兰杰洛。他确认玛丽已经怀孕。玛丽告诉他，自己患了风疹，注射过丙种球蛋白。彼得兰杰洛主动说他不做堕胎手术，如果玛丽想终止妊娠，需要找其他医生。玛丽说她也不认可堕胎。她说，她想请彼得兰杰洛帮自己做产检并接生孩子。

1964年11月24日，周二，下午3:33，斯蒂芬·约瑟夫·文茨勒四世在汤姆斯里弗社区医院出生，产程顺利。小斯蒂芬体重5磅13盎司（不足第10体重百分数位），身长19英寸（约为第17身长百分数位）。产房的工作人员很快发现一些情况，但没有告诉斯蒂芬的父母：斯蒂芬的瞳孔本应是黑色的，现在却呈现浑浊的乳白色。他们没有让玛丽抱孩子。

那天晚上，玛丽仍然未见到小斯蒂芬。她平躺在多人间里，一位瘦削、年轻的眼科医生来到她床边，望着她说，孩子因白内障双目失明。

玛丽虽已精疲力竭，但仍然吓坏了。“我们该怎么办？”她最终才勉强说出话来。

“如果我是你，我会再怀一胎，就不会为这件事难过了。”他说。

50年后，玛丽已经记不得对话的其他内容了。她记得的只有那种淹没她的绝望，还有眼科医生离开后，一名操着欧洲口音的护士安慰哭泣的她。[511]

玛丽在医院度过了1964年的感恩节。那个周末，她和斯蒂芬把孩子带回家，放在他们床边的摇篮里。他吃奶、睡觉，饿了会哭。他睁开眼睛时，眼神空洞。

玛丽尽量做一些正常母亲都会做的事。她给斯蒂芬穿蓝色的天鹅绒背心，上面绣着他的名字，还搭配穿上蓝色短裤——这是她嫂子送的礼物。她在斯蒂芬的成长纪念册里写下这些话：“1周大的时候，我会笑了。”“3个月大的时候，我会抓玩具了。”“10个月大的时候，我长出了第一颗牙。”她的记录到此为止。

斯蒂芬出生后不久，玛丽还做了别的事。她打电话给家庭医生皮卡，也就是那位给她注射丙种球蛋白的医生。他已经决定不再做全科医生，并且碰巧正在纽瓦克眼耳科医院接受眼科培训。他想请自己的上司理查德·斯特恩为斯蒂芬做诊察，越早越好。

1965年2月1日，理查德·斯特恩——他身高手大，却能为婴儿做显微外科手术——在10周大的斯蒂芬的一只眼睛上划开一道半厘米长的切口，伸进一个勺状的小器械，舀出构成白内障的乳白色液体。次月，他又给另外一只眼睛做了同样的手术。

1960年代，先天性风疹综合征儿童的白内障手术成功率特别低，并且术后并发症的病例特别多，这些术后并发症并不一定由医生造成。[512]首先，小儿眼科这个学科尚未诞生。像斯特恩这样的外科医生是成人眼科医生，他们尝试着调整眼科的疗法，以适用于儿童。[513]

其次，他们面对的几乎都是小于正常尺寸的眼睛。[514]就像妨碍其他器官的发育一样，风疹也妨碍了宫内胎儿眼球的发育。这让手术的技术难度尤其高。

此外，以今天的标准来看，当时的手术技术很原始。[515]甚至像手术显微镜这样的基本器械也才问世。（斯蒂芬的手术医生确实有一台显微镜。这不是常规配置。华盛顿特区的一群小儿眼科医生是新生

事物，他们不得不去耳鼻喉科的同事那里借显微镜。）[516]

最后，在许多病例中，手术本身会引发反复复发的重度慢性炎症，影响眼睛的其他部分，包括虹膜、角膜和视网膜。许多婴儿和儿童转而又需要做其他手术，有些到最后只好摘除眼球。这是一件残忍而令人沮丧的工作。[517]

所以，在第一次手术后几天，玛丽和史蒂夫看着斯蒂芬眼睛上的纱布取下时，非常担心。他们在婴儿病床的围栏上系了彩色气球。孩子露出笑容，向他们挥舞手臂，随后朝那些气球转过头去。他似乎人生头一回在尝试着对什么东西聚焦。

文茨勒夫妇回忆，在该支付手术账单时，除去医疗保险，斯特恩只收了他们十美元。"你们会遇到很多挑战。"他告诉他们。他说，挑战与其说在于让斯蒂芬习惯世界，倒不如说在于让世界习惯斯蒂芬。

斯特恩推荐文茨勒夫妇去见一位专家，这位专家做了一副小眼镜，用的是超厚塑料镜片、圆形的哑金色镜框。斯蒂芬从此到哪儿都戴着这副眼镜。

玛丽回忆，斯蒂芬小时候有一段时间矫正视力是10/200，意思是，视力健全的人在200英尺能够看清的物体，他要在10英尺才能看清。

也是在斯蒂芬出生几个月后，玛丽开始怀疑他听不见。她走进房间时，斯蒂芬没有反应。她拍手或敲锅盖时，斯蒂芬不会抬头看。她说话时，斯蒂芬不会循声转头。只有在她触碰婴儿床或斯蒂芬的身体时，斯蒂芬才有反应。

在带斯蒂芬去他们在汤姆斯里弗的家庭医生、接生斯蒂芬的彼得兰杰洛那里体检时，玛丽问他斯蒂芬是否可能失聪。他让斯蒂芬平躺在检查台上，再用力敲击斯蒂芬身旁的台面。斯蒂芬朝响声转过头。

彼得兰杰洛把斯蒂芬抱给玛丽，说他的听力没问题。后来，彼得兰杰洛给史蒂夫·文茨勒打电话说，他在斯蒂芬的胸腔外听到了心脏杂音。婴儿应该预约做心脏导管插入术。

文茨勒夫妇没有回到彼得兰杰洛那里。他们咨询了皮卡应该带孩子去哪里看心脏病。那年7月，宾夕法尼亚州中部的布朗斯米尔斯小镇上德博拉医院的心脏病科医生，将一根导管插入8月龄的斯蒂芬腹股沟处的血管，向上伸入他的心脏。注射造影剂后，他们看到了常见

于先天性风疹综合征的一种心脏畸形的典型特征。它最先由发现先天性风疹综合征的澳大利亚医生诺曼·格雷格标记出来；那是在对他的三名小患者做尸检时发现，由其他医生报告给他的。[518]

动脉导管未闭（Patent Ductus Arteriosus，PDA）是由胎儿的一根血管——连接肺动脉和主动脉的导管——未能在出生后几天内正常闭合造成的。（“patent”在医学术语中意为“开放”。）在尚未自主呼吸的胎儿体内，动脉导管可以让血液避开需要经过充满液体的肺部的高压循环。但是，对可以自主呼吸的新生儿，开放的动脉导管会导致血液循环异常，部分携带新鲜氧气的血液本应该压送到身体其他需要氧气的地方，却分流到了肺部。结果，婴儿的心脏必须超负荷工作，才能保证身体获得充足的含氧血。随着时间的推移，对未进行手术修复的重症者，这种超负荷工作会使小心脏衰竭，使血液聚积在肺部，最终缓慢地溺死患儿。动脉导管未闭患儿会表现出进食少、气短、心动过速、发育迟缓等症状。

文茨勒夫妇不记得小斯蒂芬有过这些症状。玛丽记得，他达到发育时间表要求的速度很慢，方法也与众不同。他从来不爬，而是平躺着，双脚支地来移动——或许这个姿势让他能靠微弱的视力看得更清楚。最终他坐起来了。他在不满2岁时接受了动脉导管未闭修复手术，那之后他开始像小草一样生长。

在最初那次心脏导管插入术中，医生还发现斯蒂芬的肺动脉——将血液从右心室输送到肺部以携带氧气的大血管——分支有多处狭窄。这种疾病叫肺动脉分支狭窄，它与动脉导管未闭一样，是先天性风疹综合征患者最常见的心脏缺陷。[519]严重的肺动脉分支狭窄需要手术植入球囊导管或血管支架，以清除阻塞。如果这种方法失败，就只能做心肺移植。就斯蒂芬的情况而言，这种狭窄并未引发症状，所以医生采取了等待观察的策略，这种策略今天的医生仍然会采取。

就在斯蒂芬接受第一次心脏手术前，他父母的生活变得更加复杂了。斯蒂芬的弟弟莱昂纳德在1966年4月出生，当时斯蒂芬才17个月大。玛丽在孕期极其担心——按她自己的说法，担心到了不理智的地步。但是，莱昂纳德完全健康。

文茨勒夫妇在那段时间特别忙，特别混乱，特别痛苦，所以他们记不得是什么时候带斯蒂芬去看专科医生，确认了玛丽的怀疑——斯蒂芬严重失聪。他们记得的是，斯蒂芬3岁时戴上了助听器，可以听到，或者说是通过振动感知到极微弱的声音。

1968年9月，斯蒂芬不满4岁，入读了汤姆斯里弗的比奇伍德幼

儿园。园长达里恩佐太太没有照顾残障儿童的专业经验，但是她表示愿意试试让斯蒂芬与3至5岁的正常儿童一同入园。

达里恩佐太太很快就喜欢上了斯蒂芬。她告诉玛丽，斯蒂芬很聪明，想和其他孩子一样学习和做各种事情。在这方面，斯蒂芬很幸运；至少1/3的先天性风疹综合征患儿有智力障碍，因为在宫内时风疹病毒入侵了他们的大脑，损坏了血管，使大脑缺氧，发育常受到抑制。近1/4的患儿头部畸小。对多达7%的患儿，脑部损伤会造成自闭症。[520]

玛丽送斯蒂芬去幼儿园时，他不会哭闹——对一个从不掩饰伤心的男孩来说，这是个好迹象。他把画带回家，玛丽将它们贴在冰箱上。或许最重要的是，达里恩佐太太教会了斯蒂芬守规矩，让他知道自己要像其他人那样遵守幼儿园的纪律。

在这个时期拍摄的照片上，斯蒂芬是个一头棕发的小男孩，他咧嘴微笑，鼻梁上架着一副厚镜片的粗腿眼镜，在尝试通过双光镜的下半部分聚焦时，他会微微仰头。他瘦瘦小小，蓝灰色的眼睛被厚镜片放大了。他耳朵上戴的助听器直径比二十五美分硬币大一些，厚度是二十五美分硬币的十倍。助听器的线垂下来，连在胸前的接收器上。

玛丽·文茨勒收藏了许多照片。在一张照片上，小斯蒂芬露出酒窝，脸像陶瓷一样，鼻梁上架着小眼镜，眼睛像是望着远处，这说明他没有看相机。有些照片是斯蒂芬和弟弟莱昂纳德在童车里；有些照片是两兄弟在后院里骑在爸爸背上；有些照片是他们在消防站撞响黑色的大钟。在一张照片上，4岁的斯蒂芬躺在费城儿童医院的床上，儿科医生C.埃弗里特·库珀——他后来成为罗纳德·里根任上的美国公共卫生局局长——才为斯蒂芬做完疝气和隐睾修复手术。这两种病也是先天性风疹的表现。[521]在一年后拍摄的一张照片上，斯蒂芬穿着红色礼服站在达里恩佐太太身边，手里拿着比奇伍德幼儿园的毕业证书。

在这些童年照片上，斯蒂芬的眼神和笑容充满活力，甚至打动人心——他看上去特别像一个正常男孩。看着这些照片，很难想象他生活在一个近乎黑暗和无声的世界里。

经过长时间的痛苦挣扎后，文茨勒夫妇联系上了马萨诸塞州沃特敦的珀金斯盲人学校。这所学校的著名毕业生安妮·沙利文教会了海伦·凯勒读写。斯蒂芬11岁时去了这所学校，在那里读完了高中。

长大后，他成了一个聪明而有天赋的人，他的一生将充满未能发

挥的潜能、受挫的壮志，以及孤独。这在一定程度上缘于他自身的失误，但更缘于社会无法赏识他的潜力。

第十三章　我们已知的魔鬼

宾夕法尼亚州费城与汉堡，**1965—1967**年

德国马尔堡，**1967**年**8—11**月

> 回过头看，当时人们认为［从猴肾中获取的新鲜］细胞是最安全的选择，这令人吃惊。考虑到动物接触的各种微生物，随后发生的事情也在意料之中。
>
> ——斯坦利·普洛特金，1996年[522]

1965年初，普洛特金结束了以圣文森特儿童之家那些学步儿童进行的试验，知道他需要进一步减毒RA 27/3病毒，让它在作为疫苗病毒使用时，既不会引发风疹，又能激起强免疫应答。他知道自己必须尽快行动。他颇有胸怀和眼界；及时研制出疫苗或许可以阻止下一场疫情，避免再出现他在伦敦和费城近距离看到的那种身心痛苦。他还求胜心切。他很确定，他的对手也像他一样，正在努力抢先研发出疫苗。

普洛特金想得没错。他的竞争者也同样在加紧研发。默克公司主管疫苗研究的蒙大拿州人莫里斯·希勒曼，在1965年1月已经完成了广泛的动物安全性测试，正在将公司的实验性风疹疫苗注射给费城及其周边、宾夕法尼亚州北部以及特拉华州的福利机构内的智障儿童。（宾夕法尼亚智障儿童协会批准了州内的试验。）[523]对默克这样的制药公司而言，在风疹疫苗的竞争中胜出将意味着拥有一个广阔的新市场，能够出售需求巨大的产品。当时并不确定传染疾病中心是否会建议育龄女性接种风疹疫苗，将风疹疫苗列入儿童常规接种目录。但是，这两个群体——1960年代中期每年出生人口约为360万，育龄女性约为3900万——构成巨大数量的消费者。

其他制药公司也知道这点。在大西洋彼岸的比利时亨法尔，治疗研究和工业公司的病毒学家正在努力研制自己的风疹疫苗，他们使用的是从一名患风疹的10岁女孩的尿液中捕获的病毒。很快，位于密苏里州圣约瑟夫的飞利浦·罗克珊公司——飞利浦电子与制药公司的子公司——也将开始研制一种疫苗，参与竞争。

此外还有生物制品标准部的科学家。生物制品标准部实用的红砖楼坐落在马里兰州贝塞斯达国家卫生研究院园区内的一座小山上，在那里，保罗·帕克曼和他的上司哈利·迈耶正准备对“高传代病毒”HPV—77风疹疫苗开展人体试验——该疫苗所用病毒由帕克曼从新泽西州迪克斯堡一名年轻士兵的喉漱液中捕获，通过以非洲绿猴肾细胞连续培养77代而减毒。

与普洛特金不同，帕克曼和迈耶从生物制品标准部获得了正式批准后，才就HPV—77疫苗开展人体试验。这种叫作“新药试验豁免”的许可是监管界的新事物。它的出台是1962年处方药批准法规收紧的一部分。而法规收紧则是因为一场刚发生的悲剧。

1950年代末到1961年，在欧洲、加拿大、澳大利亚、日本等国，沙利度胺被广泛地作为处方药开具，人们在药店也能轻易买到它。它用作镇静剂，还用于治疗孕妇的晨吐。结果，数千名新生儿肢体残缺或者患有海豹肢畸形，以及其他出生缺陷。弗朗西丝·凯尔西当时是美国食品药品监督管理局的药品检查员，她以个人之力阻止了沙利度胺在美国获批上市。然而，在由企业赞助的药物试验中，有数百名女性服用了这种药。国会对沙利度胺悲剧的反应包括，立法规定药品必须先证明其有效性和安全性，之后才能上市。[524]

生物制品标准部并不负责沙利度胺这类药品的审批；它们是药品，由食品药品监督管理局独立管理。但是，生物制品标准部确实要监管疫苗。该部门雇员乔·奥马利——一位胖乎乎、待人和蔼、爱抽雪茄的医生——由助理协助，负责审批所有的疫苗人体试验申请。[525]

生物制品标准部那位沉默的、难以捉摸的主管罗德里克·默里，短暂地考虑过将帕克曼和迈耶调去国家卫生研究院下属的国家过敏与传染病研究所，以便让他们离开生物制品标准部，避免他们本身的研究与对公众的义务发生利益冲突。[526]但是，帕克曼和迈耶不愿意研究进度被工作调动影响。而且，默里自己也不想让他们放慢研究节奏。1964年那场风疹疫情造成的痛苦——数千名新生儿受到损伤——现在完全呈现在公众面前，所以生物制品标准部压力特别大，要在下一场疫情来临前研制出并批准一种风疹疫苗。[527]

在美国，风疹的爆发有规律性，每六至九年一次。在1964年那场创纪录的疫情之前，最近的严重风疹疫情发生在1958和1952年。现在，大家开始担心1970年将再次爆发风疹——到那时要有风疹疫苗可用。默里认定，设立“文件屏障”——新药试验豁免——应该足以让帕克曼和迈耶在生物制品标准部这个美国疫苗市场的把关部门研制风疹疫苗时，不会被指控有利益冲突。[528]

1965年10月，帕克曼和迈耶就HPV—77疫苗首次开展人体试验，试验地点在阿肯色州儿童城——一所位于阿肯色州乡下的州立智障儿童学校。[529]那里有700名学生，他们分组生活在分散的小屋里，因此可以相互隔离，进行疫苗研究。“只有在父母或法定监护人充分知晓研究项目的细节，出具书面许可后，儿童才会入选以接种疫苗。”帕克曼、迈耶，以及他们的同事西奥多·帕诺斯在试验后撰写的论文中这样说明。[530]（帕诺斯是阿肯色大学医学院的儿科系主任，而迈耶当年就在那里读书。正是通过帕诺斯，帕克曼和迈耶才得以在阿肯色州儿童城进行试验。）[531]

数十年后，帕克曼回忆说他和迈耶还向国家卫生研究院医学委员会提交了申请，这个委员会由国家卫生研究院若干下属机构和研究院园区内的研究型大医院——国家卫生研究院临床中心的人员组成。研究院的科学家进行“任何非标的、可能有危险的研究”时，都可以咨询该委员会。[532]然而，是否要让委员会参与进来，则由从事研究的科学家自己考虑决定。帕克曼和迈耶拟申请的研究不同寻常，因为它是在研究院以外，而不是在临床中心进行的。而且，据帕克曼回忆，“事情有些棘手。你可能会引发一场风疹疫情，你知道吗？可能会出岔子。受试者是福利机构的智障儿童，这不太理想。或许那些孩子的父母不理解——好多事情都可能出岔子。所以，对医学委员会来说……这有点为难。我觉得，我们险些没有得到批准。”[533]

在阿肯色州儿童城，帕克曼和迈耶给34名生活在不同小屋的儿童注射了HPV—77疫苗，剩余30名无抗体的儿童不接种疫苗。未接种的儿童作为易受感染的病毒接触者，与接种儿童住在一起；如果疫苗病毒可通过接触传染，他们就会患上风疹。

与普洛特金在圣文森特儿童之家的研究形成鲜明对比的是，接种疫苗的儿童都没有出现风疹的症状——出疹、淋巴结肿大，以及发热。2/3接种儿童的咽拭子里检测到了风疹病毒，这意味着即使他们没有生病，也有可能传播了风疹。但是，这种情况并没有发生。与接种儿童共同生活的未接种、无抗体儿童都没有患风疹。而且，94%接种儿童产生了风疹抗体，这正是研究项目想要的结果。[534]对HPV—77疫苗而言，这是个好开头。

与此同时，在威斯塔研究所的实验室里，普洛特金已经着手用两种方法减毒RA 27/3风疹疫苗病毒。在圣文森特儿童之家开展试验之前，他已经以海弗利克的WI—38细胞将这种病毒传代培养了4次。现在，他又将病毒传代培养了21次。他认为病毒越适应培养瓶里的生活，在人体内就毒性越低。此外，他还尝试了一种他知道已经成功减毒过脊髓灰质炎病毒的技术，即在比最初温度稍低的几个温度下培养

病毒。

普洛特金在三个不同温度下传代培养病毒。一组培养瓶的温度保持在95℉；在将病毒带去圣文森特儿童之家以前，他培养病毒时用的就是这个温度。对于另一组培养瓶，他在将含病毒溶液从一个培养瓶移入下一个时，将温度降至91.4℉，然后在又一次传代时将温度降至更低的86℉。

每次从WI—38细胞中采集一批液体移入装有新WI—38细胞的新瓶中时，普洛特金都会留下一些液体作为实验性疫苗，对它进行安全性测试。数月之后，他制备出了在三个不同温度下培养、传代水平不同的RA 27/3病毒。例如，他拥有在95℉下培养的第8代病毒、在91.4℉下培养的第13代病毒，以及在86℉下培养的第21和第25代病毒。

他希望，如此多配方中总有一个实现了平衡：病毒够弱，但是又不至于太弱。他不知道其中哪一个才是最有效的。他回到圣文森特儿童之家去寻找答案。

在1965年秋、1966年春，以及1967年初，普洛特金在圣文森特儿童之家又进行了三次试验，40名1至3岁大的儿童参与其中。

他在不同组的学步儿童中试验了不同的疫苗，采取上臂注射。随后，他追踪了六周，不过追踪工作并不是他独自完成的。他请了两名医生同事来协助。约翰·法夸尔是费城长老会医院的儿科主任。他性格和蔼、戴着眼镜，对传染病十分感兴趣。迈克尔·卡茨是普洛特金在医学院的室友，和普洛特金一样也是威斯塔研究所的科学家。他博学多识，14岁时在纳粹占领的波兰借着夜色的掩护，从位于利沃夫（今属乌克兰）的亚诺夫斯卡集中营逃脱。战争结束前，他用化名生活，在华沙为波兰的抵抗力量做送信人。1946年，他来到美国，当时18岁。他的家人全被纳粹杀害了。

普洛特金、卡茨和法夸尔各自负责试验的一部分工作，他们躲开一列列有轨电车，从伍德兰大道驾车去圣文森特儿童之家。他们为学步儿童体检，包括查看是否有出疹、发热或淋巴结肿大的症状，采集咽拭子，以及用棉签检查鼻腔中是否存在病毒。在他们不去儿童之家的日子里，由另外一名医生，驻圣文森特儿童之家的大主教区医生霍斯特·阿格蒂查看儿童是否有患病迹象。儿童之家的院长阿加佩嬷嬷，以及接受过护士培训、在南非某个偏远地方工作过多年的玛丽·约瑟夫嬷嬷，也提供了帮助。玛丽·约瑟夫嬷嬷所在的医护室位于西楼二层，配备了检查台。医护室里的金鱼缸特别吸引小客人们。[535]

圣文森特儿童之家的儿童流动性很低，普洛特金用完那里的约65名儿童之后，就显然再没有受试者了。他需要去更远的地方寻找受试者。1966年8月，他向费城西北驾车90英里，来到汉堡州立学校与医院。这是一群散落在山坡上的建筑，曾经是一所结核病疗养院，离小镇汉堡一英里远。这所疗养院建有环形车道，还有一座西班牙布道院风格的漂亮主楼。由于出现了有效的抗结核药物、诊断方法改进，以及预防措施改善，结核病逐渐减少，这所疗养院因而一度空置。1960年，宾夕法尼亚州将疗养院改作他用，转入了近1000名智障人士——他们部分来自另外一所州立机构，部分来自一份冗长的候补名单；这份名单上有2700名智障人士，他们的家人正在寻找能收留他们的州立福利机构。[536]

尽管宾夕法尼亚州的立法机构将这所墙壁粉刷着白漆、占地300英亩的机构重新命名为“学校”与“医院”，但是在普洛特金去那里做研究的时候，它既不是学校，也不是医院。里面没什么人在学习，而且尽管有处理紧急情况的手术设备，但它主要还是一座仓库，收容无法自理的人。寄宿者住在大房间里，每个房间有三四十张床。他们名义上是“儿童”，但是许多人会在汉堡长大成人，并继续生活几十年。[537]

许多寄宿者残障程度很高，有的卧床，有的坐轮椅，他们穿着尿布，无法自己进食。许多人不会说话。1967年，汉堡有一名10岁的男孩去世，尸检说死因是“智力迟缓导致的痉挛”，而这种“智力迟缓”是由出生时脐带脱垂造成缺氧导致的。[538]还有一名四肢瘫痪的10岁男孩，他患有“严重的营养不良与脱水”，这基本意味着他日渐衰弱。他的死因是“心搏停止导致先天性痉挛性瘫痪恶化”。[539]

这里约950名寄宿者所需的清洁、烹饪、护理等工作，由雇来的数十名小镇居民从事。这项工作费力而危险：护工偶尔会受到攻击。六年后，附近华盛顿县的报纸《观察者·记者》报道说：这里使用了约束衣、大剂量用药，以及3英尺宽、5英尺长的铁笼来约束难以控制的被收容者。[540]雇员带来的挑战让普洛特金开展试验的尝试变得更复杂了。“我们会帮助控制那些儿童。”他写信给本杰明·克拉克说。这位身材矮壮、有着军人作风的医生是汉堡州立学校与医院的负责人。[541]

1966年夏末，普洛特金在汉堡开展了多次试验，他的协助者仍然是和蔼的长老会医院儿科主任法夸尔，以及逃脱纳粹杀害的威斯塔研究所科学家兼医生卡茨。在第一次试验中，他在7名儿童上臂注射了RA 27/3疫苗，这些儿童年龄在4至13岁，普洛特金将他们描述为“中到重度智力迟缓”。另有7名儿童是未接种的接触者，与接种儿童近距

离生活在同一空间——一栋建筑的一楼。“通过定期让受试者在游戏室共处，增加受试者之间的接触。”普洛特金在描述试验的论文中写道。[542]

普洛特金在汉堡州立学校与医院开始试验之时，正处于美国人体实验历史的一个重要关头。

1966年6月，哈佛大学医学院的麻醉医生亨利·比彻在美国的一流医学期刊《新英格兰医学期刊》上发表论文《伦理与临床研究》，震惊了医学界。

比彻从1948至1965年的医学文献中，不点名地列出22项人体实验，指出这些实验危害了受试者的健康或生命。“本文描述的实验直接导致了严重的后果。”论文开篇写道。针对这些实验，比彻认为：“显而易见，［受试者］如果真正知晓他们将被用作什么目的，就不会参与实验。”[543]

开展实验的医生都来自知名医院和大学，包括国家卫生研究院的研究型大医院——临床中心。他们的论文发表在顶尖医学期刊上，得到了国家卫生研究院、美国军方、制药公司和私人基金会的资助。而且，除了比彻选择的22项实验外，还有很多在伦理上存疑的研究，要把它们汇编起来也并不困难。[544]虐待随处可见。

在一项实验中，医生不给慈善机构的伤寒患者使用氯霉素——一种已知能够有效治疗伤寒的药物，看他们的死亡率是否比用药患者更高。[545]（确实更高。）在另外一项实验中，医生不给控制组中109名患有脓毒性咽喉炎的美国空军士兵使用青霉素，而他们知道脓毒性咽喉炎会引发众所周知的、可能危及生命的并发症，知道青霉素能够有效治疗这种疾病。3名士兵咽喉里的细菌扩散，引起了并发症。[546]一所收容“智力缺陷人士”的福利机构里的儿童被故意注射了甲肝病毒。（后来人们得知，这所机构是纽约市的威洛布鲁克州立智障学校，又是一个可怕的“候宰栏”；给儿童注射病毒的儿科医生则是著名的索尔·克鲁格曼，他此前曾故意让儿童感染风疹病毒。）[547]还有22名高龄住院患者被分别注射了活体肝癌细胞，但是他们只被告知注射的是“一些细胞”。主持这项实验的是来自纪念斯隆-凯特琳癌症中心的著名肿瘤科学家切斯特·索瑟姆，海弗利克和穆尔黑德在1960年正是参照他才决定给濒死的癌症患者注射新的人二倍体细胞。[548]例子数不胜数。

《伦理与临床研究》发表后，国家卫生研究院最终被要求为它资助的人体实验中缺少知情同意、未能遵守其他伦理约束一事作出解

释。1965年3月，比彻公开讨论了他的爆炸性发现，此后它便一直在传播，并且得到了媒体报道。国家卫生研究院也收到至少一封国会议员来信——芝加哥民主党人罗曼·普辛斯基写信询问他们要如何回应。所以，政府也很快就会作出反应。[549]

1966年7月1日，在比彻的文章发表两周后，也是普洛特金在汉堡进行首次试验之前整一个月，国家卫生研究院的上级机构——美国公共卫生局发布新的指南，要求国家资助的研究人员（如普洛特金）此后遵照该指南进行人体实验。[550]他们必须取得所有受试者的知情同意并建档。如果医院和大学想要其科学家继续从国家卫生研究院获得资助，那么这些科学家还需要提前从各自机构新成立的委员会那里获得伦理批准。

包括威斯塔研究所在内的机构很快就得到了消息。到7月22日，政府指南生效三周后，科普罗夫斯基已经组建了一个“同行委员会”，对威斯塔科学家进行的人体试验作出伦理评判。委员会由四名科学家组成，包括不是医生的穆尔黑德和维尔纳·亨勒——前者在1961年与海弗利克合作论文，宣布实验室培养皿中的正常人细胞会死亡；后者是费城儿童医院的著名病毒学家，在战争期间测试过一种实验性的流感病毒，测试方法是让接种过疫苗和未接种疫苗的受试者都感染流感病毒，受试者包括少年犯，以及彭赫斯特州立救济院的智障人士。[551]

随着新规定颁布的消息传开，普洛特金迅速作出反应。1966年7月25日，他写信给汉堡州立学校与医院的克拉克医生：

> 国家卫生研究院要求，对任何以人作为受试者的试验，都要提供同意书。所以，我想你能否给我写一封信，简单地表示你作为第一次试验中受试儿童的负责人，对他们负责。我会把这封信归档，在国家卫生研究院提出要求时，提供给他们。
>
> 至于后面参与试验的几组儿童，你已经同意请他们的父母签同意书，我想同意书里最好能包括类似这样的陈述：“母亲患德国麻疹，婴儿可能会存在包括智力缺陷在内的出生缺陷。我们在寻求通过接种预防该疾病的方法。在这些试验中，我们想给您的孩子接种活疫苗病毒。我们了解，孩子感染德国麻疹后会有出疹和低热症状。我们了解，德国麻疹通常表现为轻症，但是在罕见的情况下也会造成不良后果。”[552]

两天后，克拉克按普洛特金的要求写了信，为第一次试验中的受试儿童负责。他们于1966年8月1日在汉堡州立学校与医院接种了风

疹疫苗。[553]

普洛特金本来可以推迟第一次试验，先请那14名受试儿童的父母出具同意书。但是他没有那样做。他安排好第一次试验的工作人员和受试者就已经很辛苦了。获得受试者家人的同意书意味着要耽搁更久。他是个忙人。[554]

两年后，在汉堡州立学校与医院做完第十次试验后，普洛特金又将从克拉克那里得到一封信用来存档。这封信证实在所有十次试验中，受试者的父母都提供了书面同意——或者说，克拉克代替他们的父母提供了书面同意。[555]

到1967年春，普洛特金总共进行了四项新研究——三项在圣文森特儿童之家，一项在汉堡州立学校与医院。这些研究的结果表明，38名接种儿童中37名产生了抗体，成功率达到97%。诚然，这两个数字很小，但是百分比却是个好兆头。

至于副作用和未接种接触者的感染情况，这几项新研究传递的信息是：传代数越多，培养温度越低，实验性疫苗病毒引发出疹、发热和淋巴结肿大等风疹症状的可能性就越小，病毒寄居于儿童咽喉的可能性就越小，传染给与接种儿童近距离共同生活的未接种儿童的可能性也就越小。在最后一次新试验中，圣文森特儿童之家的5名1岁儿童接种了低温培养的第25代病毒。他们都没有出现出疹或淋巴结肿大的症状。他们的咽拭子和鼻拭子中都未检测出风疹病毒。他们没有传染力，而血检显示疫苗激发的抗体达到了保护性水平。[556]

普洛特金实现了目标。

在将新发现撰写成论文投稿给《美国流行病学杂志》时，普洛特金还重申了他对WI—38细胞的支持，这一点现在得到了充分证实：WI—38细胞比竞争者用来制备风疹疫苗的动物细胞更洁净，因此也更安全。他有了新弹药，他要瞄准非洲绿猴——帕克曼和迈耶用非洲绿猴肾细胞将风疹病毒传代至77代；默克公司现在研制的风疹疫苗，其病毒最初也是希勒曼用非洲绿猴肾细胞培养的。希勒曼从费城伯努瓦姓的8岁男孩捕获了伯努瓦风疹病毒，以非洲绿猴肾细胞传代培养至第19代，而后又在鸭胚培养细胞中进一步减毒。

非洲绿猴被认为相对安全。它不含SV40——1960年，人们发现这种致癌的猿猴病毒存在于恒河猴和食蟹猕猴的肾中，而它们在当时用于制备脊髓灰质炎疫苗。这一问题迫使生物制品标准部要求疫苗生产商转而使用非洲绿猴肾细胞，因为它们不会天然含有SV40。然而，

自1963年作出这种改变以来，又出现了更多关于非洲绿猴的令人担心的消息。

1966年，萨宾口服脊髓灰质炎疫苗的主要生产商——莱德利实验室在《传染病杂志》上发表论文。该论文得出结论，认为生物制品标准部现在针对非洲绿猴肾细胞的安全性测试“全面且有效”地确保了萨宾口服脊髓灰质炎疫苗的安全性，当时在美国市场上萨宾疫苗几乎完全取代了注射型灭活索尔克疫苗。[557]

然而，在普洛特金看来，莱德利实验室的数据说明了完全相反的情况：非洲绿猴是让人持续担心的源头。莱德利实验室的科学家说他们研究了865份脊髓灰质炎疫苗，这些疫苗是使用865只非洲绿猴的肾分别制备的。他们不得不抛弃其中309份疫苗（占比36%），因为其中存在有害的病毒。

“有充分证据表明，未经处理的非洲绿猴肾脏里充满了潜藏的病毒。”普洛特金在关于圣文森特儿童之家和汉堡州立学校与医院近期试验的论文中这样写道——他指向的正是莱德利实验室的那项研究。[558]

普洛特金的新论文展示了RA 27/3那带给人希望的研究结果，1967年5月中旬，他将这篇论文投稿给《美国流行病学杂志》，接着他就等这家杂志走流程了。8月初，论文已经付梓，将在9月号上见刊。这时，在西德风景如画的大学城马尔堡发生了重大事件，突然间，普洛特金以人二倍体细胞株制备的疫苗与其产生了紧密而直接的联系。

马尔堡位于德国中部的兰河之畔，是历史悠久的大学城。一座建于11世纪的城堡从小山顶上俯瞰全城。1967年，马尔堡是生产疫苗和血清的贝林工厂的所在地。贝林当时属于赫斯特制药公司，生产脊髓灰质炎活疫苗，而他们使用的是非洲绿猴的肾。

那年夏天，很可能是在7月底，贝林公司收到一批从乌干达运来的非洲绿猴。非洲绿猴也叫绿长尾猴，学名黑脸绿猴。它们脸颊无毛，呈黑色，四周覆盖着显眼的白毛，毛发粗硬，腹部皮肤带绿色调，体重7至17磅。这批猴子尽管经过了漫长的旅程，但看上去很健康：为避开以色列和阿拉伯国家之间的“六日战争”，它们先被送到了伦敦，又因为机场雇员罢工，在英国耽搁了一段时间。（在耽搁期间，这批猴子养在伦敦的动物房中，有两只猴子逃了出来。后来它们被捕获，又单独送去了德国。）[559]

这批猴子最终到达法兰克福机场，从机场转运到三个目的地：位于当时南斯拉夫首都贝尔格莱德的托尔拉克研究所，该研究所生产脊髓灰质炎疫苗，并进行脊髓灰质炎疫苗安全性测试；位于法兰克福的保罗·埃尔利希研究所，该研究所进行脊髓灰质炎疫苗安全性测试；以及位于马尔堡的贝林工厂。送去法兰克福和马尔堡的猴子很快就被处死，摘取了肾脏。送去贝尔格莱德的猴子则六周后才被处死。到那时，它们看上去没有那么健康了。托尔拉克研究所报告的死亡率比非洲绿猴的正常死亡率高33%。[560]

8月上中旬，马尔堡贝林工厂的几位员工突然生病。保罗·埃尔利希研究所的几名工作人员也出现了同样的情况。他们的症状是额头和太阳穴疼痛、肌肉酸痛，以及高热，有的人体温甚至高达102℉。他们普遍感觉很难受。但是，在头三四天，病情似乎没有不寻常之处，他们只是在家休养。[561]

但是，一周过后，他们开始呕吐，出现严重腹泻甚至爆发性水泻。大多数人全身出疹，许多人出现了结膜炎——覆盖在眼球前面和眼睑内侧的黏膜发炎。更令人担心的是，有些患者像是换了个人。他们出现了思维和行为异常。他们的大脑似乎出了什么问题。

在几周时间里，马尔堡和法兰克福有26名患者入大学医院治疗。许多人病情很严重。有些患者面部肿胀，无法做表情。一名患者精神错乱；其他患者郁郁不乐，缺乏热情。部分患者肝脾异常肿大。

血检结果令人震惊：抵抗疾病的白细胞减少到了危险水平，凝血的血小板情况也一样。在肝损伤时会升高的一些酶猛升。[562]

情况最严重的患者多窍出血：鼻、眼、口、直肠，以及医护人员抽血留下的针孔。患者皮下出现了小血点与大面积的瘀青。男性的阴囊与女性的外阴呈深青紫色。入院第一天，多位患者因大出血而虚脱。有些患者出血较轻。出血不是一个好预兆。事件结束时共有7名患者死亡，他们就是出血的患者。[563]

总计有21名贝林工厂的员工患病。在法兰克福，有4名保罗·埃尔利希研究所的员工患病。大约一个月后，在贝尔格莱德，1名兽医在对五只离奇死于贝尔格莱德的猴子进行尸检后，也病倒了。[564]

后来人们发现，所有患病员工都直接接触过这批猴子的血液、器官或培养细胞。他们或是处死了猴子，或是解剖了猴肾，或是在猴子颅骨上钻过孔。他们处理过猴肾培养细胞，或者之后清洗过培养细胞的器皿。[565]两年后就此召开过一次会议，公布的会议记录描述了部

分病例：

> 猴子饲养员海因里希·P.1967年8月13日休假回来，14至23日做处死猴子的工作。8月21日首次出现症状。

> 实验室助理雷娜特·L.1967年8月28日打破了一支盛过受污染的材料、需要消毒的试管，9月4日病发。[566]

没过多久，照料这些住院患者的人也生病了。

> 护士安内利泽·K.8月23日开始在病房工作，8月30日病发。

> 医生因加·H.8月22日被医用缝合针感染，5天后，即8月27日首次出现症状。[567]

在疫情结束前，两名医生、一名护士和一名医学生感染。一名太平间助理在协助尸检一名病死者时割伤了前臂，也感染了。

尸检显示了死者在病情恶化、最终出血死亡时体内遭受的损伤。他们感染的是一种均等攻击多器官的病原体，脑、脾、胰腺、甲状腺、肝、肾、睾丸、卵巢和皮肤都是靶标，这些器官遭受了严重损伤。死者的消化道里充满了血。[568]

幸存者将经历漫长而痛苦的恢复期。他们会大把地掉头发，就好像做过癌症放疗一样。[569]病原体偏好睾丸——3/4的患者是男性——部分患者的阴囊会因为睾丸严重感染而发炎、肿大。后来，追踪这些患者的医生发现，病原体不仅可以在睾丸，还可以在眼和精液中存活数月。马尔堡一名幸存者的妻子在疫情爆发三个月后被感染；这位幸存者的精液中检出了致病物质。[570]

从8月末开始，德国国内、国外多家实验室竞相研究患者的血液和精液样本，以及一次尸检中取得的肝、脾、肾和脑，试图确定未知的病原体是何物。[571]

在美国，以非洲绿猴肾组织生产疫苗的活动几乎全部停止，现有疫苗也暂停使用。[572]

1967年11月20日，在第一位受害者死亡三个月后，德国汉堡的伯恩哈德·诺赫特研究所的科学家金特·穆勒用电子显微镜观察因注射了患者血液而患病的豚鼠的血清。他看到了一种人们从未见过的病毒。病毒通常是球形的，它却形状细长，就像一根线。它最终被划分到埃博拉病毒所属的科：丝状病毒（英文“filovirus”源自拉丁

语“filum”，意为“丝线”）。尽管它感染人体后的表现很像埃博拉病毒，但并不是埃博拉；它先于埃博拉出现，至少先被发现。遵从科学界惯例，发现者以它最初出现的地点来命名，将它称为马尔堡病毒。

若干年后，作家理查德·普雷斯顿探究了那些在马尔堡造成疫情的非洲绿猴是在何处与何时患病的。他找到了一名英国兽医，1967年时这名兽医负责在那批非洲绿猴从乌干达恩德培机场出口前给它们做检验检疫。在普雷斯顿1994年出版的《血疫》中，这名机场兽医解释说，出口那批猴子的是一个不道德的猴贩子。兽医没有批准出口患病的猴子，这时猴贩子应该对它们实施安乐死。但是他没有那么做，而是将它们装到木箱里，送到维多利亚湖里的一座小岛上放掉了。此后，在猴子短缺、不够出口时，他就去岛上选出那些看上去最健康的猴子来充数。人们并不确定感染马尔堡病毒的猴子是否来自那座小岛，但这位兽医觉得这种可能性肯定存在。[573]

在这首次有记录的马尔堡疫情爆发事件中，共有32人感染，其中7人死亡，死亡率约为22%。在后来非洲爆发的多次疫情中，死亡率高得多。最致命的一次于2004和2005年发生在安哥拉，252人感染，227人死亡，死亡率高达90%。[574]

1967年，德国疫情再三爆发，11月初，生物制品标准部在国家卫生研究院的园区内召开了一场大型会议。这是在马尔堡病毒被汉堡科学家穆勒识别出来几周之前。参会者要解决一个越来越具有争议性的问题：到底用哪种细胞制备病毒疫苗最好？德国和贝尔格莱德的疫情还未扑灭，几乎没有什么背景比这更具戏剧性了。

《科学》期刊发表那篇引发人们质疑海弗利克人细胞的论文已经过去了五年，生物制品标准部——其实就是罗德里克·默里——仍然反对使用这种细胞制备疫苗。在这场为期三天的会议上，马尔堡的事件显然丝毫不会改变默里的想法。

普洛特金没有参会，但是海弗利克在场。到了会议最后一天，他十分懊恼。他指责生物制品标准部及其支持者——他们很多人都在场，有些还是知名人士——采取的是鸵鸟埋头入沙的做法，即选择我们已知的魔鬼，而非未知的魔鬼。

“我们越了解我们的魔鬼，就越乐于选择它。”海弗利克大发议论道，“所以，今年发生了七人死于使用猴肾细胞的环境中的悲剧，我们就觉得更了解我们的魔鬼了。明年或许又会发生其他悲剧，后年又有更惨的悲剧，我想我们因而会更加坚信，我们越发了解这个魔鬼了，所以就越发想选择它。”[575]

在整场会议中，默里都像平时一样冷静、沉默地坐着。然而，海弗利克愤怒的批评却让他少见地站起来做了简短的发言。

“关于这种猴子的情况……”他开始说道。已经有多位参会者说过，生物制品标准部已经要求停止使用所有以猴肾细胞制备的疫苗，这并不正确。这不是实情——只有基于非洲绿猴生产的疫苗才“暂停使用”，而且暂停只会持续到生物制品标准部弄清楚在马尔堡造成混乱的未知物质是否会危及“疫苗本身”。他接着说，所有迹象都表明，如果被感染的猴子是运到了美国，那么生物制品标准部对进口猴子的筛查要求“或许会识别出这种物质”。[576]他暗示，不会有分销出去含有马尔堡病毒的疫苗的风险。

默里最后说，当前的情况明了后，生物制品标准部会决定未来如何管理对非洲绿猴的使用。几个月后，默里的部门批准非洲绿猴肾细胞再次用于疫苗生产。

马尔堡病毒并没有像十年前的SV40那样污染脊髓灰质炎疫苗的供应，也就是说没有被大量地、悄悄地注射给上千万接种者，同时不造成明显、直接的伤害。它只对直接接触感染动物或其尸体的工作人员，以及与这些工作人员有密切接触的人造成了伤害。另外，感染马尔堡病毒后的症状是迅速可见、十分明显的。因此，对默里以及与他持相同观点的人而言，发生在马尔堡的事件尽管不幸，但也只是一个小麻烦，不会对疫苗供应产生持久的威胁。它们不构成放弃使用非洲绿猴肾细胞的理由。

但是，对海弗利克和普洛特金来说，发生在马尔堡的悲剧是又一项证据，证明应该放弃使用存疑的猴肾细胞，转而使用人胎细胞来生产病毒疫苗。

第十四章　政治和信念

费城，1967—1968年

> 只要拨款和研究合同由政府直接控制，遵守政府规定的无声压力就会存在……因此……科学不能对政治感染和权力腐蚀免疫。
>
> ——雅各布·布罗诺夫斯基，波兰裔英国数学家和科学作家，1971年[577]

1967年11月，参会者在国家卫生研究院辩论，而这时普洛特金发现自己缺少两样东西：时间和钱。前者他能够通过少睡觉来控制，而当时他已经每晚只睡六小时了。后者也在变成一个同样难以解决的问题。国家卫生研究院下属机构国家过敏与传染病研究所，在过去几年里很慷慨地资助了普洛特金，但是这项拨款在1967年11月30日即将到期。来自小约瑟夫·肯尼迪基金会的稳定资助也将结束。这家基金会总共提供了18万美元资助，普洛特金在1967年收到了其中最后一笔钱款，6100美元。[578]“我们没有制药公司的支持，预算很紧张。”眼见资金逐渐用尽，普洛特金写信给汉堡州立学校与医院的负责人本杰明·克拉克。[579]

普洛特金确知，他的竞争者——默克等资金雄厚的制药公司，以及在生物制品标准部工作、拥有国家卫生研究院资源的帕克曼和迈耶——资金状况要好得多。现在，这种差异可能让他落败。

1967年初秋，普洛特金寻找新的资助来源，他申请了国家卫生研究院专门用于研制风疹疫苗的一项资金。这项资金由国会批准，因为从政者充分意识到了1965年那场严重风疹造成的损失。在普洛特金看来，国会拨发的100万美元（相当于2016年的720万美元）足以资助好几个疫苗选手。

国家过敏与传染病研究所的疫苗研发部管理着这笔支持风疹疫苗研制的资金，负责督促新风疹疫苗早日问世。

1967年夏，普洛特金全力以赴，写了一份极有水平的申请。为了写这份申请，他从在巴黎和列宁格勒给儿童注射RA 27/3疫苗的合作

者那里收集数据，将他自己在圣文森特儿童之家和汉堡州立学校与医院的试验结果制成表格，甚至还去国家卫生研究院请约翰·塞弗对申请材料草稿给出意见。约翰·塞弗是资深的风疹专家，是疫苗研发委员会很有影响力的委员，这个委员会负责给疫苗研发部的决策者提供建议，说明哪些项目值得资助。普洛特金要申请6万美元，这能够支持他再进行一年研究工作。

普洛特金花了不少时间，给疫苗研发部单独写了一封信，建议该部用一部分风疹疫苗资助资金就他的疫苗与HPV—77疫苗开展头对头试验，后者是生物制品标准部的帕克曼和迈耶以非洲绿猴肾细胞传代培养数十代研制出来的。通过这样的对比，能够看清哪种疫苗产生的免疫应答更好，哪种疫苗其病毒寄居于鼻腔和咽喉的可能性更小，而寄居于鼻腔和咽喉会使病毒有可能从接种者传播给未接种者。

1967年11月21日——巧合的是，这正是马尔堡病毒在德国最终分离出来的第二天——科学家厄尔·贝克，疫苗研发部的一名管理人员，给普洛特金写了信。疫苗研发部及其顾问委员会仔细地考虑了他的申请。回复是“不行”。[580]

“你知道，”贝克写道，“这个项目中已经有了几种可用的风疹疫苗株。”普洛特金得到了这样的解释。科普罗夫斯基随后也来信了，引述了疫苗研发部主任丹尼尔·马拉利的更长回复。他对帕克曼和迈耶的HPV—77疫苗充满热情，同时解释说疫苗研发部没有资金来支持每一个疫苗选手。[581]

不过，贝克在给普洛特金的信中还是表示，普洛特金提议就RA 27/3疫苗和HPV—77疫苗开展头对头试验是个“好”主意。要开展这项对比试验，普洛特金需要向疫苗研发部提供RA 27/3疫苗的完整生产方案，包括他在实验室里和他以活体动物进行的所有安全性测试的记录。以活体动物进行的安全性测试，需要包括给活猴的脑注射疫苗病毒，观察几周，看疫苗是否引发神经系统症状，之后处死猴子，在显微镜下研究它们的脑。当然，他需要获得“新药试验豁免”——应当由生物制品标准部独立审批的许可。按说，普洛特金应该已经申请了“新药试验豁免”。

普洛特金没有以猴子做过测试。他也没有向生物制品标准部那位爱抽雪茄的、胖乎乎的乔·奥马利申请“新药试验豁免”。

最终拯救普洛特金的是业界，具体来说是费城的史克法公司。普洛特金那年秋天始终在和这家公司通信，他甚至开车从斯库尔基尔高速路去这家公司在上梅利昂区的实验室，与鲍勃·费洛托会面。鲍勃·

费洛托是个有时候脾气暴躁的西西里人，负责公司的微生物研究工作。他看中了普洛特金疫苗的潜力。[582]

12月1日，在国家卫生研究院那笔资助用完的第二天，普洛特金收到了这家公司汇来的1万美元。[583]这笔钱（相当于2016年的7.2万美元）尽管只是暂时的，也算得上及时雨。普洛特金希望这家公司能够提供更多资助。

1967年，在普洛特金费力寻找资金的同时，他在汉堡州立学校与医院推进更多试验的工作也遇到了困难。1966年夏天和秋天在那里进行了首次试验后，普洛特金给汉堡州立学校与医院管理者本杰明·克拉克写信，感谢他的“出色配合”，询问能否在第二年初再开始一次试验。[584]

“我很抱歉，但是必须告诉你，医院的护理部门坚决反对继续进行风疹疫苗试验。”克拉克回信道，没有给他更多解释。[585]

但是，到了1967年1月，护士们的态度稍微缓和了——或者说被要求缓和了——于是普洛特金很快又开启了另一次试验。

1967年夏，普洛特金提议在秋天继续进行试验时，护士们又表示反对。

在一份言辞激烈的备忘录中，护理部主任洛伊丝·科利小姐——一位高个子、机敏、负责的女性——指出，医院正在进行人员培训，在改造一侧翼楼、新开放两个区域。“不可能再为新的威斯塔项目提供人员。”她写信给克拉克说。而且，普洛特金在信中表达的观点，即新试验“不会让护理人员做转移患者以外的工作，表明他根本不了解护理工作，不知道要花多少时间”。[586]

“等到9月，她或许就不会这么抗拒这个项目了，”克拉克写信给普洛特金说，“但是我想我们不能太指望项目能够继续开展。”[587]

普洛特金需要汉堡州立学校与医院的儿童来做他认为至关重要的试验。为了获得生产量级的疫苗，制药公司需要将他的病毒以WI—38细胞传代更多次。他已经自己开始这项工作了，制备出第26、第27和第30代的RA 27/3疫苗。他需要对它们进行人体测试。

1967年7月，普洛特金写信给汉堡州立学校与医院的护理部主任科利，承诺下次带一名技术员来负责收集咽拭子和抽血，“因为您显然觉得帮助我们占用了大量的护理时间”。他向她保证，在试验区域

（一号楼二层的一侧）工作的护理人员，一旦确认拥有了风疹抗体，就可以完全自由地在试验区域和其他区域活动，也就是说，他不会征用他们，耽误他们平时的工作。如果必要的话，他可能会让年纪较大的女性——他指的是那些年龄大得无法怀孕的女性——在不检测抗体水平的情况下，也在疫苗试验区域工作。[588]

科利默许了，随后试验继续进行，并获得了大有希望的结果。

普洛特金始终是一个固执的人。1968年1月5日，他收到一封兆头不祥的信，而这种性格给他带来了好处。罗德里克·默里在信中要求他先用猴子做安全性测试，先让数量比现有的大得多，即商业生产所需数量的疫苗通过全套的实验室和动物安全性测试，这样之后，普洛特金才可以将疫苗寄去州外做人体试验。[589]实际上，默里是在要求普洛特金对多于其总产量，更是远多于其手头现有数量的疫苗进行安全性测试。

“对威斯塔研究所来说，准备能够满足默里要求的大量［疫苗］所需的费用极高。”普洛特金立刻写信给他的长期合作者西奥多·英戈尔斯。英戈尔斯那时已经离开宾大，去了马萨诸塞州弗雷明翰的流行病研究中心。普洛特金希望能够把RA 27/3疫苗寄给他，请他在那里做测试。普洛特金写道，耽搁几个月的时间去准备，最终会让他的这种基于人细胞的疫苗在争取批准的竞赛中被淘汰。[590]

“我相信你能够明白，这直接让我们陷入了困境，”普洛特金写信给威斯塔研究所的律师兼董事会成员罗伯特·德克特，“疫苗研发委员会已经声明，如果生物制品标准部批准，他们就会测试我们的材料。如果生物制品标准部不批准，疫苗研发委员会就不需要行动。”[591]

他对德克特解释说，默里这是在禁止大型制药公司以外的任何人研制疫苗。

与此同时，普洛特金在生物制品标准部的对手——帕克曼和迈耶已经加入了疫苗竞赛，二人于1966年9月在《新英格兰医学期刊》上发表了两篇论文，报告说他们在阿肯色州儿童城成功给智障儿童接种了以非洲绿猴肾细胞制备的HPV—77疫苗。[592]生物制品标准部的另外两名科学家露丝·基尔希斯坦和霍普·霍普斯，都是其中第一篇论文的合作者；霍普斯此后仍然深入参与风疹疫苗研究工作。

迈耶和帕克曼已经匆忙地扩展了他们的HPV—77疫苗试验，将病毒寄给了几个合作团队，这些团队立即以更多寄身福利机构的智障儿童为对象进行了试验。1967年10月，在马尔堡的危机开始出现时，

迈耶和帕克曼将这些新试验的总结报告投稿给了《美国儿童疾病期刊》，次年6月得以发表。这篇论文报告说，他们的疫苗使159名接种者中的152名成功产生了抗体，占比96%。而且，与接种者近距离共同生活的145名接触者无一感染病毒。[593]

在马尔堡疫情爆发前，帕克曼和迈耶的HPV—77疫苗已经开始广受称赞，支持者立即将这种疫苗称为“第一种有效的”疫苗。[594]德国发生的事件并没有浇灭这种热情。1961年，帕克曼在沃尔特·里德陆军研究所与同事们分离出了风疹病毒，他因为这项至关重要的工作而得到了应得的称赞。帕克曼和迈耶这个二人组，还在1967年同国家卫生研究院的另外四位同事一道研发出一种重要的血检方法，让为出疹而担忧的孕妇能够在几小时内，而不是几天或几周后，知道自己是否感染了风疹，他们因此又一次得到了应得的称赞。这种新的检测方法让研究人员能够迅速检测出数百份血样是否存在风疹抗体，因而加速了疫苗研究。[595]

因为发明了这种血检方法并研发了HPV—77疫苗，帕克曼和迈耶得到了美国儿科学会3000美元的现金奖励。美国青年商会将帕克曼选为1967年度美国十大杰出青年。[596]颁奖典礼上宣读了林登·约翰逊总统致帕克曼的一封信。“能够直接、显著地促进人类福祉、挽救宝贵的生命，并为世界带来新希望的人并不多。”总统在信中写道，“我谨代表所有期待世界更加健康的人们，向你致以祝贺和祝福。”[597]

当帕克曼和迈耶沉浸在赞誉当中时，飞利浦·罗克珊公司——位于密苏里州圣约瑟夫，是飞利浦电子与制药公司的子公司——的主管注意到帕克曼和迈耶的HPV—77疫苗得到的所有关注。似乎很显然，这种由生物制品标准部红砖墙内两位光环绕身的年轻科学家研制的疫苗，注定会被那位重要人物——罗德里克·默里看好。

因此，在阿肯色州儿童城研究的首批结果于1966年发表时，飞利浦·罗克珊公司的科学家请帕克曼和迈耶寄一些HPV—77病毒过去。他们又以取自3至6月龄幼犬的肾细胞将病毒传代培养了11次。这家密苏里州的公司将自己的风疹疫苗称为HPV—77/DK—11，表示以狗肾细胞额外传代了11次。[598]之后，公司的科学家也开始测试他们的疫苗，与那场将在1970年到来的瘟疫争分夺秒。

在位于西点的默克公司，努力进取的莫里斯·希勒曼经过1965和1966年的辛勤工作，研发出伯努瓦风疹病毒株的几种剂型——这种病毒株是1962年从那位伯努瓦姓的8岁费城男孩的咽喉捕获的。希勒曼和他的团队以非洲绿猴肾细胞将伯努瓦风疹病毒传代了不同次数，然后又以鸭胚细胞传代了不同次数。和普洛特金一样，希勒曼也在尝试

寻找平衡点，让活病毒减毒，但又不至于毒性太弱，也就是说让病毒能够在体内产生足够的风疹抗体，但又不会引发完全型的疾病。

到1966年夏，希勒曼的团队已经制备出几种不同的伯努瓦疫苗，它们的区别在于以非洲绿猴肾细胞和鸭胚细胞传代的次数不同。默克公司的研究人员以实验室的培养细胞、小鼠和猴子对不同剂型进行了安全性测试，并且将它们注射给了费城及附近的智障儿童。其中一种伯努瓦疫苗剂型——B型显得尤其有前景。它产生了水平可观的抗体，并且接种者没有患上风疹。希勒曼觉得自己正在接近目标。

在一场全面展开的疫苗竞赛中，希勒曼最不可能退缩。实际上，作为制药公司的科学家，他的职责是制备出自己的疫苗选手，并确保它能够最先跑过终点线。在职业生涯中，希勒曼将研制出商业成功程度空前绝后的疫苗。但是，在风疹疫苗方面，他在竞争中退缩过两次。这两次，让他屈服的都是女性。

第一位女性是玛丽·拉斯克，广告巨头阿尔伯特·拉斯克的遗孀。1966年初，她65岁，从事政治活动已经三十年。她于1930年代末投身公共生活，在美国节育联盟（后更名为美国计划生育联合会）任干事。但是，她的强烈兴趣很快就转到医学研究上。1942年，她和丈夫建立了阿尔伯特与玛丽·拉斯克基金会，十年后阿尔伯特去世。基金会设立的医学研究奖很快成为美国最具声望的奖项。直至今日，拉斯克奖的获奖者经常会继而获得诺贝尔奖。

玛丽·拉斯克学艺术史出身，一辈子从未拿过试管，也没有培养过细胞。但是，她是一位对美国医学研究界有着巨大影响的慈善家——她经常能够游说并说服美国政府和业界的高层。她坚信，帕克曼和迈耶的HPV—77疫苗很快就会在风疹疫苗竞赛中获胜，仅凭帕克曼和迈耶在生物制品标准部29号楼里罗德里克·默里的楼上工作这一个原因就足够。1966年的一天，希勒曼和他的上司，即默克研究实验室的负责人马克斯·蒂什勒与拉斯克会面，地点是她在西中央公园的优雅公寓。[599]

希勒曼在2004年对作家保罗·奥菲特解释说，拉斯克请他们俩来，是要把她仔细考虑过的观点告诉他们：默克公司的疫苗加入竞争，只会让生物制品标准部放慢批准任何风疹疫苗。不管怎样，他们觉得谁的疫苗会获得批准，是他们的疫苗，还是生物制品标准部内部研制的？拉斯克直言不讳，她见过最近那场风疹爆发的后果，心里特别难受。目标是在下次疫情爆发、造成更大灾难前，让一种疫苗尽快得到批准。希勒曼有些怀疑。他告诉拉斯克，他不相信HPV—77疫苗会得到批准，“因为［帕克曼和迈耶］没有研制疫苗。它只是一个该

死的实验”。[600]

拉斯克没有被说服。她让希勒曼回去考虑一下。他不用思考太久。拉斯克在政治上很有影响力。如果她想让希勒曼不好过，她完全办得到。希勒曼勉强地告诉拉斯克，他要从帕克曼和迈耶那里拿些HPV—77疫苗，亲自接种给儿童，验证他的想法。他接种了约20名儿童，却被副作用吓到了。“天啊，真是太糟糕了。毒药，毒药，毒药。”他回忆道。[601]显然，这次试验的结果并未发表。

因此，1966年底或1967年初，希勒曼进一步减毒了HPV—77。他不是以非洲绿猴肾细胞对病毒进行更多次传代，而是以鸭胚细胞将它连续培养了5代。希勒曼喜欢用鸭做实验宿主。他不久后写道，与大多数动物不同，鸭“显然没有传染性疾病和［肿瘤］”。[602]希勒曼将这种调整过的疫苗命名为HPV—77/DE 5，表示疫苗病毒以非洲绿猴肾细胞传代培养过77次，后又以鸭胚传代过5次。

1967年6月，希勒曼在福利机构的8名智障儿童身上测试了这种与拉斯克谈话后制备的新疫苗。它产生的抗体水平只有默克公司最优的伯努瓦剂型——B型的1/5。[603]但是，受试者的数量很小，这种差异可能只是出于偶然。如果要做决定，他就需要更大的受试者数量，而且这些受试者需要来自真实的情境：一个满是母亲、儿童和孕妇的情境，一个疫苗病毒传播起来非常明显的情境。

1967年9月和10月，希勒曼在爱尔兰人聚居的费城郊区哈弗敦——斯普林菲尔德测试了这种新的鸭胚疫苗。“我给你说，那天真不容易，因为我特别担心传染性。”希勒曼在2004年回忆道。[604]他已经做好准备，如果参与试验的孕妇产下的婴儿有任何形式的畸形，自己就会丢掉工作。因为本来就存在与风疹无关的出生缺陷率，所以他假定即使疫苗病毒并未传播且使孕妇患上风疹，婴儿畸形发生的概率也大约为1/300。

他与团队给269名5岁以下的婴幼儿注射了疫苗。几乎所有人都产生了风疹抗体。研究人员还追踪研究了这些接种儿童的无免疫力、未接种疫苗的同胞。262名同胞都未感染。重要的是，接种儿童的母亲当中有34名无免疫力，她们也都未感染。但是，新的HPV—77鸭胚疫苗对儿童仍然表现平平：它产生的抗体水平只有默克公司伯努瓦B型疫苗的1/3。[605]

希勒曼要作出决定。这个决定不好做。他在论文中写道，默克公司的疫苗更好，但是改进过的帕克曼和迈耶的疫苗也能产生“足量”抗体，不会传染给接触者，也没有让接种者患上风疹。[606]两种疫苗之

间的差异或许并未大到足以去争辩。但是，现在换跑道不是小事。抛开其他烧钱的麻烦事不说，默克公司还要在园区里建棚养鸭。[607]希勒曼进退两难，一边有确凿的数据表明默克公司的伯努瓦B型疫苗更好，一边又有玛丽·拉斯克的政治力量和坚定意愿施加压力。希勒曼还记得她说过的话："你们觉得生物制品标准部会批准谁的疫苗？"[608]

希勒曼放弃了默克公司的伯努瓦疫苗。拉斯克获得了胜利。大制药公司将自己的资源汇入了帕克曼和迈耶的HPV—77疫苗，这些资源在生物制品标准部的红砖墙内以非洲绿猴肾细胞研制、而后由默克公司以鸭胚细胞又传代培养了几代。如果希勒曼取得成功，这种疫苗本该在通过人体试验后尽快注射给数百万美国人。

自从海弗利克开始劝说人们使用实验室里培养的人胎细胞，说它是制备病毒疫苗的洁净、安全、正常、不致癌的微型工厂，已经过去了六年。欧洲的病毒学家和疫苗生产者差不多六年前就接受了它们。自从X太太堕胎，海弗利克在国家卫生研究院的资助下，用她胎儿的肺组织制备出800安瓿的典范人二倍体细胞株——WI—38细胞，已经过去了五年多。自从1964至1965年那场风疹疫情扰乱了上千万美国人的生活，自从普洛特金从那场悲剧中获得了一样好处——以WI—38细胞制备的风疹疫苗，已经过去了三年。但是，仍然没有丝毫迹象表明，他的疫苗或其他任何以WI—38细胞制备的疫苗能够在美国上市。如果需要罗德里克·默里批准，这种疫苗就没有希望。

第十五章　大逃离

费城，1967年——1968年6月

伦纳德·海弗利克博士在1968年离开费城去加利福尼亚时，他的行李箱里装着寻常旅客不会装的东西——冷冻的人细胞。

——《费城晚报》，1976年4月4日[609]

WI—38细胞在美国受到冷落，但是在国外应用却越来越广。1967年，南斯拉夫的加盟共和国克罗地亚和斯洛文尼亚开始第一次在各地大规模、常规地使用一种基于WI—38细胞生产的疫苗——口服脊髓灰质炎疫苗。几乎从1962年WI—38细胞建立开始，萨格勒布免疫学研究院的疫苗主管，身材高大、柔声细语的德拉戈·伊基克就在支持这种疫苗。1968年，南斯拉夫当局批准在全国使用这种脊髓灰质炎疫苗，并批准“大规模使用”基于WI—38细胞制备的麻疹疫苗。[610]

1966年，英国伯勒斯·惠康公司的科学家请求普洛特金寄去RA 27/3风疹病毒，他们正在用WI—38细胞研制一种疫苗。1967年，法国梅里厄研究所得到RA 27/3病毒，开始制备一种实验性的风疹疫苗；同年，它开始商业性地开发科普罗夫斯基和维克多的狂犬病疫苗，该疫苗也是用WI—38细胞制备的。在英格兰东南部海滨小镇桑威奇附近的一家研发中心，辉瑞公司的疫苗研制者正策划用WI—38细胞制备一种脊髓灰质炎疫苗。

WI—38细胞也在位于公共卫生前线的实验室投入使用。英国医学研究委员会的角色大致相当于美国国家卫生研究院，它将WI—38细胞提供给英格兰和威尔士的公共卫生实验室用于治疗目的，已有好几年。1967年2月，世卫组织开始付钱给医学研究委员会，请委员会将WI—38细胞提供给四大洲的疾病检测人员，从而扩大WI—38细胞的使用范围。每隔一周的周三早晨，一瓶瓶浸在营养液中的WI—38细胞从伦敦空运到达喀尔、蒙得维的亚、香港、开罗和西班牙港。它们适应长途旅行，似乎并未受到环境温度变化的影响。

在这些目的地，科学家用WI—38细胞来鉴定让儿童患上严重的（有时甚至致命的）呼吸道感染，并住院治疗的病毒。然后，他们绘制一幅图，示意致病的是什么病毒、存在于哪里。这些分布广泛的用

户反馈，WI—38细胞鉴定出了多种病毒——谱系比同项目提供的猴肾细胞更广。他们报告说，WI—38细胞在鉴定导致感冒的鼻病毒和另外两种更危险的病毒，即呼吸道合胞体病毒和单纯疱疹病毒方面很有效。[611]

在医学研究委员会之外，海弗利克是WI—38细胞的流动供应者和宣传员，他教会了数十名科学家培养这种细胞。他每次登上飞机，都抱着一个液氮罐。如果去掉一对手柄，液氮罐看上去就像一个100磅重的炸弹。它高18英寸，里面是装着WI—38细胞的安瓿。海弗利克坐在经济舱里，把液氮罐放在地上，用双腿夹住。液氮罐必须直立，否则里面的液氮会泄漏出来，形成一团浓重的液氮云，肯定会吓坏飞机上的其他乘客。

海弗利克的WI—38细胞受到了尊重。有一件事可算从侧面反映了这种尊重。英国的一些疫苗管理者——最高监管者、满头银发的弗兰克·珀金斯，同他在位于伦敦的医学研究委员会的三名同事——或许是出于维护国家尊严的考虑，决定研发他们自己的正常、非癌的人二倍体细胞。他们想研制出一种细胞株，就算成不了WI—38细胞在英国的对手，也能作为它的补充。

1966年9月，珀金斯在医学研究委员会的同事J.P.雅各布斯、C.M.琼斯、J.P.巴耶收到一个14周龄男性胎儿。它来自一名27岁的女性，三人后来说，堕胎是出于“精神病方面的原因”。他们从胎儿的肺组织建立了一个由典型的细长成纤维细胞形成的细胞株。他们以医学研究委员会（Medical Research Council）的名称为它命名，称作MRC—5，并于1970年在《自然》期刊上发表了论文。有了这个时间差，他们能够报告说，那名女性在堕胎之后三年都很健康，没有患上癌症。

《自然》上的那篇论文描述了MRC—5细胞的健康、非癌特征，还说明它们染色体数目正常、易被多种人病毒感染，并且在培养瓶中的长势旺盛。三位科学家写道，他们冷冻了大量英国的人二倍体细胞，共481安瓿。他们在论文开篇和结尾都向WI—38细胞致敬。“我们的研究表明，按照当前公认的标准，MRC—5细胞与来源相似的WI—38细胞一样，具有正常的特征，因此用途与WI—38细胞相同。”[612]

尽管海弗利克和三位英国科学家想不明白为什么会这样，但是最后一项事实，即MRC—5细胞用途与WI—38细胞相同，却非常重要。

随着WI—38细胞的名声越来越大，海弗利克很乐意宣传它们。

1966年，海弗利克在一场疫苗会议上发言，随后《纽约时报》就夸张地宣称“人细胞在疫苗中发挥重要作用”。这篇文章引用并且只引用了海弗利克的观点，即在疫苗制备中，他的细胞比动物细胞更便宜、更洁净、更安全。“今天，人细胞的实验室培养方面的一位专家说，关于疫苗生产中所用细胞的研究受到了严重忽视。”《纽约时报》解释道。[613]

几个月后，1967年，海弗利克在美国癌症学会的一场科学写作者研讨会上发表演讲，之后又在《纽约时报》上宣传说，他的细胞可以替代潜藏着病毒的猴肾细胞。[614]

同一年，海弗利克对科普罗夫斯基和威斯塔研究所失去了耐心。他作出的贡献与威斯塔老板给他的待遇脱节，他忍无可忍。海弗利克在威斯塔研究所工作了九年，仍然是研究所的“临时工”，而其他一些同事已经成为正式员工，但他们的贡献在海弗利克看来并没有自己大。作为“临时工”，海弗利克不仅工资比正式员工低，而且如果工作没能获得国家卫生研究院的资助，科普罗夫斯基并不会保证给他发工资。

先不说他现在是五个孩子的父亲，需要有保障的工作。让他怨怒的是，科普罗夫斯基含蓄地拒绝承认他的成就：他发现了引起游走性肺炎的支原体；他几乎同时意识到正常细胞在培养皿中的老化及其带来的科学问题；他制备出WI—38细胞，这种细胞能够，也应该取代制备抗病毒疫苗的老方法；他不知疲倦地努力实现这个目标。

在科普罗夫斯基看来，他归根结底只是一个爱卖弄的家伙，还很廉价。1967年初，他刚刚获得了相当抢手的国家卫生研究院职业发展奖的三年续期，该奖的奖金已经全额支付了他1962年以来的工资。而且，他与国家卫生研究院下属机构国家癌症研究所的合同——那份生产、保存和分发人二倍体细胞的大合同——已经为威斯塔研究所赚了五年钱，每年都超过12万美元，现在已经是第六年了。在研究所科学家获得的所有合同和奖项中，这份合同始终是最大的一个。[615]

海弗利克受够了，开始四处留意。他受到了位于伯灵顿的佛蒙特大学的邀请，要他去做微生物学系的主任。他还申请去位于帕洛阿尔托的斯坦福大学做医学微生物学教授。对此，他得到了位高者的帮助：他的推荐人之一是阿尔伯特·萨宾。萨宾的口服脊髓灰质炎疫苗此时已经被大多数推行疫苗接种的国家采用，萨宾成了美国医学界最具声望的科学家之一。

1967年8月，萨宾写信给杰出的免疫学家西德尼·拉费尔，拉费尔

当时主持斯坦福大学医学微生物学系教授的遴选工作。萨宾说："在我看来，他是一位特别可靠的研究者，已经在工作中展现出杰出的才智和创造力。我很敬重海弗利克博士，因为他这几年所作的贡献实在而值得信赖。"[616]

不久，海弗利克收到了斯坦福大学伸来的橄榄枝。

对海弗利克来说，佛蒙特大学和斯坦福大学职位的差别，就像是给费城人队当教练和在洋基队做一垒手之间的区别。很容易选择。1967年秋，海弗利克告诉科普罗夫斯基，从1968年7月1日开始，他要去斯坦福大学做教授了。

鉴于科普罗夫斯基看不上海弗利克的能力，他对于海弗利克的离开有一个担心，也只有一个担心：几百瓶WI—38细胞的命运。它们仍然保存在威斯塔研究所地下室的液氮里，由海弗利克警惕地看管着。

科普罗夫斯基从一开始就觊觎WI—38细胞。南希·普雷贝尔，一名从1963或1964年起为海弗利克工作的实验室技术员，回忆说在她熟悉工作时，科普罗夫斯基多次在海弗利克出差的一两天里来实验室。这位威斯塔研究所的沙皇会面带迷人的微笑，请她给一瓶WI—38细胞。她会礼貌却坚决地拒绝，解释说只有她的上司可以给出WI—38安瓿。过了一段时间，科普罗夫斯基就不再问她要了。[617]

威斯塔研究所董事会在1960年代初期和中期的会议纪要清楚地显示，科普罗夫斯基几次想用WI—38细胞牟利。威斯塔研究所不仅试图让诺登公司（这家位于密苏里州的公司想使用WI—38细胞来改进刚问世的狂犬病疫苗）付钱，还试图让辉瑞公司为使用海弗利克的细胞制备麻疹疫苗而付钱，此外还想让惠氏制药公司付钱。1965年，位于费城的惠氏已经使用WI—38细胞制备了一种腺病毒疫苗，以保护处于基础训练期的美国陆军新兵。[618][619]

科普罗夫斯基用WI—38细胞牟利的尝试远谈不上成功。1965年，为将海弗利克的细胞出售给业界，董事会任命了"一个由律师和科学家组成的专门委员会来处理问题"。[620]1965至1967年的预算文件显示，威斯塔研究所成功获得的唯一赞助是诺登公司那几年每年提供的5000美元。[621]

像威斯塔研究所这样拥有许多富有经验的科学家的机构，在想用自己特有的、需求广泛的细胞来获利时，却如此不知所措，这在今天看来似乎令人难以置信。但是那时，像WI—38细胞这样的生物无法

申请专利。这种规定要在1980年经过美国最高法院的一项里程碑式裁决才得以改变。（不过，科普罗夫斯基或海弗利克确曾在1966年尝试为这些细胞申请专利。他们聘请的一位专利代理人告诉他们，此时连尝试申请都来不及了，因为海弗利克的发现已于1961年发表，而为期一年的专利申请窗口期已经结束。）[622]

然而，还可以给使用这种细胞来生产新疫苗的方法申请专利。科普罗夫斯基已经在1964年申请过这样的专利，专利内容是他和维克多使用WI—38细胞制备的改良新狂犬病疫苗。不久，威斯塔研究所会就普洛特金制备RA 27/3风疹疫苗的方法申请专利。

如果狂犬病疫苗和风疹疫苗的专利申请成功，科普罗夫斯基就必须获得至少部分冷冻在地下室里的WI—38细胞。这至关重要。那时，疫苗公司会想要装满年轻WI—38细胞的原代安瓿——这些细胞可以指数级地增殖，几乎无穷无尽地供应。原代安瓿是海弗利克在1962年夏冷冻的，其中的细胞只分裂了8次。在科普罗夫斯基看来，原代安培简直就是细胞黄金。

到1967年秋，海弗利克没有确凿的证据，但隐约地怀疑科普罗夫斯基并不仅仅打算将WI—38细胞用作造福人类的疫苗工厂；这位上司想将任何使用WI—38细胞制备的疫苗变成充足的现金来源，以增加威斯塔研究所的收入，把他自己从筹集资金这种令人厌烦的任务中解脱出来。他觉得做筹集资金的工作有失身份，而自从十年前他执掌研究所以来，这项工作就是他烦恼的来源。

海弗利克的直觉很准，而且有合理的理由：1967年即将结束，科普罗夫斯基面临着严峻的财政考验。

在其大手大脚的老板管理下，威斯塔研究所尽管没有负债，资金也从未真正充足过，科普罗夫斯基豪掷271506美元进行的大翻修于1959年才结束，资金从此更加紧张。到1960年代中期，他越来越急于找到不受任何特定拨款项目制约的现金。威斯塔研究所1965年运营亏损1.2万美元，1966年增加至2.3万美元，科普罗夫斯基只好推迟了修理工作。这栋拥有73年历史的大楼需要更换窗户，还有屋顶。有些实验室的空调需要安装高端的新过滤器。公共卫生间和污水管道系统都需要彻底检修。[623]

1967年底，在海弗利克宣布要离开时，科普罗夫斯基预计1968年他会面临65460美元的赤字，相当于2016年的469000美元，而董事会成员正要求他拿出长期的解决方案。给越来越深的财政困境雪上加霜的是，国家卫生研究院最近还对威斯塔研究所收到的拨款展开

了“高优先级审计”。国家卫生研究院认为，科普罗夫斯基从各位科学家所获的政府拨款中划走一部分用于支付威斯塔的日常开支——威斯塔通用资金的重要来源——的做法，与国家卫生研究院的管理规定“有冲突”。国家卫生研究院计划对这些资助进行回溯性和前瞻性的审计，这意味着科普罗夫斯基可能很快就会欠国家卫生研究院一笔数目还未知，但可能非常吓人的钱。[624]

1967年秋，国家卫生研究院下属机构国家癌症研究所得知海弗利克即将在1968年7月去斯坦福大学工作，便决定终止与海弗利克的合同，不再允许他生产、保存并向任何需要人二倍体细胞的具有资质的研究人员分发细胞。当初，海弗利克那篇向世界宣布他培养出人二倍体细胞的论文一经发表，科学界对它们的需求立刻激增，不久，国家癌症研究所在1962年2月与海弗利克签订了生产和分发细胞的合同，自那以后一直按合同支付给威斯塔研究所数万美元。现在，癌症研究所将1968年1月1日定为合同终止日期。选择这个时间似乎是正确的，原因不仅仅是海弗利克即将离开。癌症研究所认为，科学界对WI—38细胞的需求已经得到满足。[625]海弗利克建立WI—38细胞已经五年多了，需要WI—38细胞的科学家似乎都已经得到了。它们被广泛使用，还出现在数十篇论文中。

1968年1月18日，合同已经终止，几名工作人员从贝塞斯达来到威斯塔研究所，要解决WI—38细胞的实体处置问题。科普罗夫斯基叫海弗利克接待他们。查尔斯·布恩是一位高瘦急躁的医学博士，他从前一年5月开始代表国家癌症研究所监督人二倍体细胞合同的履行。约翰·E.香农、马文·梅西是来自美国典型培养物保藏中心的资深科学家。美国典型培养物保藏中心是独立的非营利机构，位于马里兰州罗克维尔市一栋四四方方的砖楼里，离国家卫生研究院6英里远。它是美国最知名的细胞库，生物学家需要用某类细胞做实验时就会求助于它。

海弗利克与这些人一起走进一间小会议室。在场的还有科普罗夫斯基的助理约翰·D.罗斯，他负责记笔记、写会议纪要。从会议纪要看，参会人员同意剩下的所有375安瓿WI—38细胞，留下20瓶，其余全部转移到美国典型培养物保藏中心。保藏中心代表国家卫生研究院保存这些深度冷冻的细胞。在留下的20瓶中，海弗利克可以带10瓶去斯坦福大学，威斯塔研究所可以留下10瓶。[626]

会议还决定，“应该绝对禁止”使用送往保藏中心的那355支珍贵的安瓿。它们之所以珍贵，是因为其中的WI—38细胞才分裂过8次，能够增殖出无穷尽的细胞，用于疫苗制备。也就是说，不再解冻这些安瓿，不再将这些年轻的细胞移入培养瓶，也不再一次又一次地分离

这些安瓿，以产出大量群体倍增数较高的细胞供科学家们使用。科学家们可以使用已经广泛流通的较老细胞。剩下的355支原代安瓿需要安全地冷冻在保藏中心，一直等到有公司从生物制品标准部获得批准，可以制备基于WI—38细胞的疫苗。会议纪要明确规定，到那时，可以非常谨慎地每次解冻一瓶，让里面的细胞再倍增几次之后，按需交给公司制备疫苗。[627]

在散会前，参会者定下了将WI—38细胞从威斯塔研究所转移到保藏中心的日期：1968年3月1日。

如今，仍然在世的参会者只剩下海弗利克和布恩。据海弗利克说，干巴巴、白纸黑字的会议纪要，并没有传达出1968年1月那场会议的潜台词。他说，四周后，国家卫生研究院的布恩给科普罗夫斯基来信了，信里也没有表达出那场会议的潜台词。这封信将1月18日的决定正式定为国家卫生研究院的“官方政策”。信的结尾用花体写道：“那些WI—38细胞……将仍然是国家癌症研究所的财产。”[628]

2013年接受采访时，海弗利克说，他是被迫参加那场会议的，政府明确声称自己拥有那些细胞，他别无选择，只能同意那份将细胞转交给政府的“所谓的协议”。“协议不是我写的，是那五个说‘你最好同意’的人写的。我没法反对。用什么反对？荣誉吗？”[629]他还指出，他没有在会议纪要上签字，也没有在布恩后来写给科普罗夫斯基的信上签字。他确实收到了这两份文件的复印件。

海弗利克没有提及的是1962年那份合同的措辞。合同的签订方是国家卫生研究院和威斯塔研究所，它约定国家卫生研究院委托研究所生产、保存并向具有资质的研究人员分发人二倍体细胞，海弗利克是研究所的具体实施人。这份在他建立WI—38细胞之前几个月签订的合同，明确规定了合同终止后的事项：“乙方同意，按照甲方要求的方式、时间和程度，将乙方研发、与本合同约定工作相关的所有数据、信息和材料，让与、授权和交付给政府。”[630]

在1968年1月于威斯塔研究所召开的那场会议上，布恩要求海弗利克于3月1日，除20瓶以外，将所有装有原代WI—38细胞的安瓿交给布恩和香农所代表的政府。

海弗利克在会后很不开心。他不愿放弃对WI—38细胞的控制权，尤其不想把它们交给美国典型培养物保藏中心；凭经验，他知道这家保藏中心在过去管理很松散。所以他很烦闷。但是，1月过去，2月到来，他什么都没有做。直到发生了一件事，他才采取行动，而这项行动将对他的生活和职业生涯都产生深远的影响。

在事情发生近五十年后，海弗利克谈到它时，感受显然还很真切，就好像它发生在昨天一样。他声音激动起来。他显然还感到痛苦。

再过几个月，海弗利克就要离开威斯塔研究所了，有一天，他正在实验室旁边一间小“无菌室”里工作。普洛特金从门缝里挤进来，拉过这个9英尺长、6英尺宽房间里仅有的另一把椅子，坐下了。他们聊了一会儿后，普洛特金拿出一份文件给海弗利克看。这是一封信，信纸抬头是威斯塔研究所，写信人是科普罗夫斯基，收信人是英国制药公司伯勒斯·惠康的一名要员。这封信不是最终文件，不是合同，也不是销售单。但是，它明确传达了一些信息：科普罗夫斯基提出要为这家公司提供充足的WI—38细胞，并提供使用这种细胞制备疫苗的方法以及疫苗病毒本身，全部用以换取使用费。

海弗利克之前怀疑过，但是直到此刻才知道，科普罗夫斯基打算用WI—38细胞来尽力为威斯塔研究所赚钱，而他没有征求海弗利克的同意。海弗兰克很震惊，坐在那里一言不发。他没有想到向普洛特金要一份复印件，甚至都没有想到问问普洛特金为什么要给他看这封信。

普洛特金完全不记得这次谈话了，这至今还让海弗利克烦恼。但是，普洛特金的文件中有一张纸，标题是“伯勒斯·惠康公司拟议合同记录”。上面列出了威斯塔研究所和伯勒斯·惠康公司在1968年的八次通信，但是没有记录通信的内容。第一封信由伯勒斯·惠康公司的爱德华博士写给希拉里·科普罗夫斯基，日期是在1968年3月6日。第二封是科普罗夫斯基给爱德华博士的回信，日期是1968年3月14日。接下来的通信都是律师和银行业人员之间的。[631]

科普罗夫斯基在3月14日写给伯勒斯·惠康公司的那封信，很有可能——尤其是考虑到后来发生的种种——就是普洛特金与海弗利克在无菌室密谈时，让海弗利克感到震惊的那一封。

1968年4月，美国专利商标局收到了一份专利申请，内容是普洛特金使用WI—38细胞制备风疹疫苗的新方法。这份申请列出的发明人是斯坦利·普洛特金，并且将普洛特金的专利权转让给威斯塔研究所，也就是说如果专利申请成功，威斯塔研究所将成为专利权人，如果它将疫苗授权给制药公司，专利使用费就会流进威斯塔的腰包。

同科普罗夫斯基与维克多的狂犬病疫苗一样，普洛特金的风疹疫苗也是由国家卫生研究院资助研制的，这意味着依据当时的法律，美国政府拥有普洛特金的发明。但是，就像对狂犬病疫苗一样，美国政

府会发一份弃权声明，让威斯塔研究所对普洛特金制备风疹疫苗的方法拥有所有权，给它申请专利，并授权给制药公司。[632]

威斯塔研究所和伯勒斯·惠康公司1968年的通信以科普罗夫斯基在当年10月到访伯勒斯·惠康公司的伦敦总部告终。在那里，他和伯勒斯·惠康公司的要员以普洛特金的风疹疫苗专利申请最终获批为前提，开始就威斯塔研究所向伯勒斯·惠康公司授权的条件展开谈判。[633]（会谈中，科普罗夫斯基还劝伯勒斯·惠康公司考虑一下狂犬病疫苗，它也是用WI—38细胞制备的，在两个月前申请到了专利。伯勒斯·惠康公司最终没有购买这项专利，它被其他公司买走了。）几年后，普洛特金的风疹疫苗专利获批，伯勒斯·惠康公司与威斯塔研究所谈判并获得了授权，开始生产RA 27/3风疹疫苗。

在他那间狭小的无菌室里与普洛特金密谈之后，海弗利克特别生气。过去十年里，他培养了人二倍体细胞，并且发现它们会在培养皿中老化，以此打开了一个重要的新领域：细胞老化研究。他培养出大量WI—38细胞，足以在未来为疫苗制备提供长久支持，他还竭力让人们接受以WI—38细胞来制备疫苗。其间，他受到过嘲笑，但他仍努力争取尊重和批准。

然而，在他准备离开威斯塔研究所时，却发现了科普罗夫斯基写给伯勒斯·惠康公司的信。从这封信他看出来了，在做关于WI—38细胞的重要决策，也是很可能会获利的决策时，科普罗夫斯基彻底将他排除在外了。在这个节点上，海弗利克的想法是："秃鹫抓去我竭力赋予其价值的东西，并食取其利。我想，正常人都能理解我为什么——说得委婉些——为什么会担心。"[634]

海弗利克说，他特别难受，因为他知道科普罗夫斯基面临着巨大的经济压力——这在威斯塔研究所的科学家中间不是秘密。科普罗夫斯基的任务之一就是，在威斯塔研究所的正式员工得不到拨款，或者拨款青黄不接时，一直给他们发薪水。

"我不是研究所的正式员工，它并不适用于我。而所里还要求我留下［WI—38细胞］，造福那些正式员工，可他们当中没有人可以争辩说自己为这些细胞作出过什么贡献。"

根据1月份的协议，WI—38细胞应于3月1日转交给美国典型培养物保藏中心。3月1日当天或前后，一辆配有专门设备的旅行车从马里兰州来到威斯塔研究所，国家卫生研究院的项目专员查尔斯·布恩和保藏中心的细胞系负责人约翰·香农随车而来。海弗利克将他们打发走了，说他还没有给细胞列好存货清单，没有准备好移交。[635]

不久，海弗利克来到威斯塔研究所的地下室。他将剩下的原代WI—38细胞——总计375瓶，是世界上最大的年轻WI—38细胞储备——全部装进液氮罐，带走了。就连1月份协议中承诺给威斯塔研究所的那10瓶，他也没留下。实际上，那些传代次数较少的原代WI—38细胞，他一瓶都没有留下。[636]

海弗利克将冷冻的细胞暂存在朋友和同行尤金·罗萨诺夫那里。罗萨诺夫是附近惠氏制药公司的病毒学家，他在接下来几个月会热心地定期给液氮罐加满液氮。

海弗利克现在说，他当时拿走那些细胞，目的是将它们保管好，直等到它们的所有权问题得到恰当解决。他说，在他看来，它们的所有权是有问题的。他当时认为，有几个利益相关方可以合理地声称拥有那些细胞——他和穆尔黑德；WI—38胎儿的“出处”，即胎儿的父母；威斯塔研究所；也许还有国家卫生研究院。他不会天真到在所有权问题解决之前，就将细胞交给国家卫生研究院。那样做的话，他敢肯定自己就再也见不到它们了。

举家迁往2900英里外的地方不是一项小工程。海弗利克一家分开行动。露丝带着5岁的蕾切尔和2岁的安妮飞往湾区；海弗利克则带上三个大些的孩子，开着他家那辆深绿色的别克名使——在海弗利克的父亲传下来的轿车中，这是最新的一辆——横跨整个国家。

大部分时间，11岁大的乔尔都与父亲坐在前排，10岁大的德博拉和9岁大的苏珊坐在后排。他们向西穿过匹兹堡，在密苏里州乔普林停留看了汽车加速赛，又继续开车到亚利桑那州，在那里参观了世界上保存最好的陨石坑，还对雄伟的大峡谷发出了惊叹。海弗利克说，还有一些货物与他们同行。两个女儿的座位旁边细心地绑着一只液氮罐，里面装满了盛着WI—38细胞的安瓿。

第十六章　掉进熊坑

费城与贝塞斯达，**1968—1970**年

完成后的科学显得平静而成功，但是进行中的科学则只是矛盾和折磨、希望和失望。

——皮埃尔·保罗·埃米尔·鲁

法国微生物学家，第一种白喉有效疗法的发明者[637]

1968年初，研制风疹疫苗的竞赛更加激烈了。莫里斯·希勒曼的默克团队——幸亏玛丽·拉斯克曾给他们施压——现在专注于HPV—77鸭疫苗，他们正在美国内外进行人体试验。他们拥有默克公司所有资源的支持，截至1969年初，他们在实地实验中共给1.8万名儿童注射了疫苗。[638]

密苏里州的飞利浦·罗克珊公司此前对帕克曼和迈耶的HPV—77病毒做了调整，即以幼犬肾细胞对其进行过传代培养，现已将疫苗寄给华盛顿特区乔治城大学的医生进行人体测试；测试地点是巴哈马拿骚市中心一家天主教会办的诊所，以及底特律的派德制药公司。[639]底特律的这家公司在临床试验方面本身就很专业，它将给近1.2万名儿童注射疫苗。[640]

在比利时的日内瓦，治疗研究和工业公司正带着自己的风疹疫苗飞跑；他们从一名患风疹的10岁女孩的尿液中捕获了病毒，先以非洲绿猴肾细胞培养，再以3周龄兔的肾细胞培养。[641]到1968年底，这家公司已经将其实验性疫苗“Cendehill”注射给了2.5万人。[642]

这三家公司都拥有大量疫苗，都以猴子做过测试，还都有其他安全性数据，而普洛特金囿于技术不足，这些他一样都没有。三家公司都很清楚，生物制品标准部承受着压力，要尽快审批通过一种疫苗。他们都希望，自己的疫苗能够最先冲过终点线。无论哪家公司，只要说服生物制品标准部为自己的疫苗颁发第一张许可证，都能够从广阔的美国市场上那些担心的妇女和她们的孩子身上稳赚。

现在，普洛特金是唯一一位努力研制疫苗的独立科学家。尽管史克法公司在1967年资助了他1万美元，但是前路绝不明朗。在1968年1月的来信中，罗德里克·默里要求他必须先制备出对他来说数量令人却步的RA 27/3疫苗，并且全部通过安全性测试，包括将疫苗注射进猴脑，持续观察数周；满足这些条件后，普洛特金才可以将疫苗寄去州外做人体试验。

普洛特金可以将疫苗提供给以色列、伊朗、日本和中国台湾等地的外国同行，他确实也这样做了。（默里用一项晦涩的规定阻止普洛特金在美国各州间寄送疫苗，但是无法禁止他将疫苗寄到国外去。）但是，即使是在这些同行的帮助下，他也不指望能够像那三家公司一样凑齐所需的数万份疫苗，并得到相应的无比宝贵的数据。在接下来的一年里，普洛特金和他的合作者预计最多可以给数百名受试者接种疫苗。

普洛特金结束了他在费城圣文森特儿童之家的试验。儿童之家内1至5岁儿童的流动性并不高，他已经给1968年春生活在那里的61名儿童中的大多数接种了疫苗。那年4月，他写信感谢了儿童之家的院长阿加佩嬷嬷和受过医护训练的玛丽·约瑟夫嬷嬷，并提议给剩下那些没有接种过疫苗的儿童接种。[643]他还给最近升为枢机主教的克罗尔大主教写信。

亲爱的克罗尔枢机主教：

过去三年，我们在圣文森特儿童之家测试了一种德国麻疹疫苗。当然，这件事您肯定知道，因为我们在研究开始前征得了您的许可。您可能不知道的是，试验结果很好，在圣文森特儿童之家进行的研究极大地促进了这种疫苗的研发。这种疫苗最终会保护妇女，让她们不会再因为孕期患德国麻疹而产下畸形儿。

我十分感谢圣文森特儿童之家的阿加佩嬷嬷和玛丽·约瑟夫嬷嬷，她们在研究中给予了我慷慨的配合与善意。

医学博士斯坦利·A.普洛特金谨启[644]

没过几天，枢机主教给他回了信，说自己听到这个消息“很开心”。[645]

1968年春，普洛特金还开始了一项他认为至关重要的疫苗测试。他招募来14个费城家庭，大多数是住在他家附近的朋友和邻居。他们

当中许多人都与宾大有关系，应该很熟悉孕期感染风疹的危险。这其中就包括普洛特金自己的家庭。[646]现在，政府的新规定要求他得到受试者的正式、书面同意。

普洛特金想看看他的RA 27/3疫苗在真实世界中效果如何。他在福利机构中接种的儿童确实彼此间会有密切接触，但是他们的生活环境与外面世界的不尽相同。如果疫苗病毒会传播，那么亲密的家庭生活肯定会促进它的传播。在14个家庭中，每家有一名无风疹抗体的儿童注射了疫苗。这名儿童的一名同胞以及母亲都没有抗体，他们将作为密切接触者接受追踪观察。如果疫苗病毒会传播，他们就有可能感染风疹。7至9周后试验结束时，如果无免疫力的母亲和同胞都没有产生抗体，就能确定疫苗病毒不会传播了。

在普洛特金家，他6岁大的儿子迈克尔接种了疫苗。他的妻子海伦在1966年生下了次子亚历克。1968年初试验开始时，亚历克不满2岁。海伦和亚历克都没有风疹抗体。在2015年的一次采访中，普洛特金被问到在给儿子接种疫苗时是否担心。他回答说："不，不，当时并不担心。如果担心，我就不会那样做了。我觉得在某种意义上我义不容辞，必须给自己的家人接种。"[647]

1968年9月，这项家庭研究结束，普洛特金整理了研究的结果，以及他在汉堡州立学校与医院开展的所有试验的数据。一年前，在马尔堡疫情爆发期间，他就在那里进行的第一项试验发表了论文。就在汉堡州立学校与医院新开展的试验，以及这项家庭研究撰写的论文于1969年2月发表在《美国流行病学杂志》上。论文的合作者包括：法夸尔，费城长老会医院和蔼的儿科主任；卡茨，普洛特金在威斯塔研究所的同事以及在医学院时的室友，他曾逃出纳粹集中营；还有宾大的另一位儿科医生，爱开玩笑的查理·赫尔茨。在论文第一页，作者们感谢一些向他们提供过"无价帮助"的人，其中就有海弗利克。[648]

让普洛特金感到欣慰的事情很多：他和同事接种的儿童几乎都产生了水平显著的抗体——与竞争者的疫苗相当。而且，无论是在汉堡州立学校与医院，还是在费城的那些家庭，包括他自己的家庭中，接种儿童的接触者无一感染风疹。接种儿童中也没人出现临床风疹症状，只有少数几人淋巴结肿大。

他推断，他最新的几种RA 27/3病毒剂型——它们会被制药公司实际投入生产——全部产生了足够高的抗体水平，对接种者而言是安全的，并且不会传染给接种者的接触者。但是，他的研究体量很小：在汉堡州立学校与医院，受试儿童只有7名或者4名或者6名，而且在有些情况下，与接种儿童在同一寝室和游戏室生活的未接种、无抗体

儿童数量也差不多。在国外测试RA 27/3疫苗的合作者，也得到了非常好的结果——100%的接种者都产生了抗体——不过，他们的接种总数只有163人。

“当然，需要进行更大型的研究，”普洛特金总结道，“以完全确定RA 27/3或其他风疹疫苗的安全性。”[649]

但是，受制于生物制品标准部默里的种种规定，普洛特金如何开展这些更大型的研究呢？幸运的是，史克法公司微生物研究的负责人、暴躁的西西里人鲍勃·费洛托，自从1967年第一次资助了普洛特金1万美元，就对RA 27/3产生了极大的兴趣。

从两个方面看，费洛托的做法似乎让人困惑。其一，制药公司都很清楚默里坚决反对使用WI—38细胞。史克法公司没有理由乐观地认为默里会改变想法，让使用WI—38细胞制备的疫苗进入美国市场。但是，这家费城的公司密切关注RA 27/3疫苗的给药途径，希望这种给药途径能够胜过默里的反对。

1965年在圣文森特儿童之家进行了第一项试验后，普洛特金并没有放弃用滴鼻液接种疫苗的想法。他后来开展的人体试验一直包括鼻内投药的剂型。效果开始显现。只有他的疫苗通过鼻内投药可以激发免疫力，而以费洛托为代表的史克法公司，希望生物制品标准部不会特别反对这种使用WI—38细胞制备，但是不用注射，因而不会与接种者深度、密切接触的疫苗。此外，儿童显然更喜欢不打针的方式，这一点很可能会让史克法公司获得市场优势。后来人们发现，需要往鼻腔里滴入大量疫苗才能够确保效用。大用量抵消了它可能带给企业的任何市场优势，所以鼻内疫苗在经济收益方面没有胜出的可能。但是，在费洛托考虑普洛特金的疫苗时，这种缺点还不明显。

史克法对普洛特金的疫苗感兴趣，还有一个原因。1968年初，史克法收购了治疗研究和工业公司，后者正在推进自己的注射型风疹疫苗Cendehill上市。收购治疗研究和工业公司后，史克法拥有了Cendehill疫苗，同时又在投资普洛特金的RA 27/3疫苗。风疹疫苗竞赛的情况瞬息万变，史克法不确定任何一种疫苗上市后会表现如何，于是多面下注。

“他们脚踩两条船，以防发生意外情况，Cendehill疫苗被淘汰。”那年秋天普洛特金在备忘录中写道。[650]如果Cendehill疫苗表现不佳，RA 27/3疫苗可以顶替它。

1968年初，史克法公司的费洛托将他能够调集的所有资源投给普

洛特金的RA 27/3疫苗。4月，他监督签订了合同，将生物制品标准部要求进行的猴脑注射测试交给比利时的治疗研究和工业公司的科学家。

“费洛托收。对普洛特金疫苗的猴子安全性测试与病毒中和测试将尽快开始。六周内出结果。”史克法公司1968年4月9日收到的一份电报写道。它的发出者是治疗研究和工业公司的疫苗研发负责人康斯坦特·于热朗。[651]

从1968年1月开始，史克法公司一名精明、年轻的专利代理人着手为普洛特金的疫苗申请专利。[652]他就是阿兰·D.劳里，后来成为美国顶尖的知识产权律师和资深联邦法官。必须迅速提交专利申请，因为普洛特金1967年9月发表在《美国流行病学杂志》上的文章——那篇向世界宣布他发明出一种有效疫苗的文章——已经启动了专利申请的倒计时。[653]专利必须在发明公开后一年内申请。

4月1日，史克法公司在政府的许可下，代表普洛特金申请了专利。

8月，费洛托提议公司提高疫苗产量，并且尽快向生物制品标准部提交当时称为、如今也依然称为“新药临床试验申报”（Investigational New Drug，IND）的申请，获得许可后公司就能够开展人体试验了。[654]与此同时，费洛托写信给科普罗夫斯基说，“我强烈建议”威斯塔研究所不要从其他公司那里寻求经济支持或商业利益。[655]费洛托希望，万一普洛特金的疫苗获得批准，自己能够保护公司的市场。

费洛托不知道，在这个问题上他行动得太晚了。1968年整年，科普罗夫斯基都在积极地与伦敦的伯勒斯·惠康公司、法国里昂的家族企业梅里厄研究所商谈。梅里厄研究所的所有者夏尔·梅里厄是科普罗夫斯基的好友。三家公司将在1969年全年争论普洛特金的RA 27/3疫苗的授权销售区域。

普洛特金或许获得了重要的产业界支持，但是1968年秋发生的一件事说明他的疫苗，以及用于生产疫苗的胎儿细胞，在政界仍然多么受冷落。

那年10月，国家卫生研究院召开了一场不同寻常的新闻发布会，公布了在一场自然爆发的风疹疫情中首次开展风疹疫苗试验的结果。1968年春，中国台湾出现了全岛范围的风疹疫情。该地最近的一场风疹疫情发生于十年前，自那以后风疹绝迹。因此，10岁以下儿童从来

没有接触过风疹病毒，缺乏免疫力。

华盛顿大学、位于台北的美国海军第二医学研究所，以及台南港口城市高雄的市卫生局的研究人员，抓住这次机会测试了默克公司新近改良的鸭胚疫苗，同时也测试了普洛特金的RA 27/3疫苗。4月底5月初，科学家为高雄市四所学校里数百名一到四年级的学生接种了疫苗。在随后的几个月里，不到1%的接种者感染了风疹。而未接种儿童的患病率则为13%至28%，不同学校患病率不同。[656]

国家卫生研究院下属机构国家过敏与传染病研究所疫苗研发部主任丹尼尔·马拉利，在当年10月的新闻发布会上宣布了这个好消息。（一年前，正是马拉利写信给科普罗夫斯基，解释为什么疫苗研发部拒绝为普洛特金研发RA 27/3疫苗提供资助。他在信中称赞帕克曼和迈耶的HPV—77疫苗。）《纽约时报》和国家卫生研究院的内部报纸《国家卫生研究院纪事报》都在头版报道了这则新闻。[657]文章称，在国家卫生研究院内部由帕克曼和迈耶发明、经业界稍做改良的HPV—77疫苗，在中国台湾的疫情中效果显著。

读者不可能知道普洛特金的疫苗也接种给了中国台湾的儿童，而且效果还略优于默克公司的疫苗。接种默克公司疫苗的187名儿童中，有1名感染风疹。接种普洛特金RA 27/3疫苗的198名儿童中，也只有1名感染风疹。[658]

马拉利在新闻发布会上要么是没有提及普洛特金的疫苗，要么是说得很少。无论如何，结果都一样。《纽约时报》和《国家卫生研究院纪事报》都没有提及普洛特金的RA 27/3疫苗。好像它不存在一样。

1969年2月中旬一个寒冷的夜晚，普洛特金参加了在马里兰州贝塞斯达的总督府酒店举办的晚间招待会。这场招待会的宾客是附近国家卫生研究院的访问学者和科学家。主持招待会的是刘易斯·托马斯和索尔·克鲁格曼，二人都是美国医学界的大腕，分别是纽约大学医学院儿科系的主任和教授。这场招待会揭开了风疹免疫国际会议的序幕。会议为期三天，在国家卫生研究院里最大的场馆，即临床中心雄伟的大礼堂中举办，参会者是世界各地所有从事风疹疫苗研究的科学家，总计400多人。

会议充满了力量和期望：参会的人几乎都知道，不出几个月，生物制品标准部就要批准一种或多种在他们看来适合美国市场的风疹疫苗。大家也都知道，批准可能来得正是时候，因为人人担心的风疹新疫情预计最快会在1970年爆发。

默里在几个月前亲自写信给普洛特金，邀请他参加这场会议。“旨在控制风疹的研究正在取得重大进展。你的到来将使会议更有价值。”[659]他写道。默里措辞非常老套，这算是写得相当热情了。

这场大会汇总了科学家们积累的关于四种疫苗的数据。有普洛特金以WI—38细胞培养的RA 27/3疫苗。有帕克曼和迈耶的HPV—77疫苗，包括默克公司的鸭胚细胞改良版，以及密苏里州飞利浦·罗克珊公司的狗肾细胞改良版。还有史克法公司的Cendehill疫苗，它是几年前由其子公司，比利时的治疗研究和工业公司的病毒学家研制的。他们的疫苗病毒是从一名10岁女孩的尿液中捕获的。[660]

只有普洛特金的疫苗与非洲绿猴肾细胞没有紧密联系。但它所获的机构支持却是最少的。四种疫苗的接种者总计5万多人，而其中接种注射型普洛特金疫苗的只有500人。[661]

有几件事让参会者感到惊讶。

首先，希勒曼站起来发言时解释说，尽管默克公司最初研制的伯努瓦疫苗与HPV—77鸭疫苗都“可以”给儿童接种，但是默克公司放弃了前者，选择了后者。他含含糊糊地解释道，尽管基于HPV—77的疫苗产生的抗体水平只是默克公司的伯努瓦疫苗的几分之一，但是为了尽快让一种疫苗得到批准，集中精力研制一种疫苗才“最符合国家利益”。[662]他没有解释为什么这种疫苗不应该是产生了更高抗体水平的伯努瓦疫苗。他也没有提及一位名叫玛丽·拉斯克的影响力强大的慈善家。

此外，关于两种HPV—77疫苗对成年女性影响的新研究传来了令人担心的消息。接种了默克公司疫苗和飞利浦·罗克珊公司疫苗的女性出现了关节疼痛和关节炎。这种情况并不少见。[663]希勒曼的团队报告说，在一次针对默克公司HPV—77鸭疫苗的测试中，35名女性中有20名（57%）出现了出疹、关节疼痛、关节肿胀症状中的一种或多种。疼痛和肿胀的部位包括手指、拇趾、脚踝、手腕和膝盖。两名女性需要服用类固醇来止痛。从一名女性肿胀的膝关节抽出的组织液中检测出了活体风疹病毒。[664]

飞利浦·罗克珊公司以狗肾细胞培养过的疫苗表现同样糟糕：25名女性中有14名（56%）出现了关节疼痛、肿胀，或二者皆有。其中半数症状严重到需要就医。[665]

数月后，默克公司就会上提及的女性膝关节问题发表论文，论文

最后说，默克公司正在对以鸭胚传代培养、进一步减毒的HPV—77疫苗进行测试。论文作者们承认，“最好能解决”膝关节疼痛和肿胀问题。不过，他们仍公开表示，“接种疫苗的女性接受了与疫苗相关的疾病，并且因为对风疹有了［新的］免疫力而感到安心”。[666]

表面上看，成年女性的问题本不应该影响大局。传染疾病中心推荐疫苗的专家本来要关注疫苗对儿童的效果，他们的理论是，如果儿童没有感染风疹，就不会传染他们怀孕的母亲。到目前为止，所有临床试验中接种过疫苗的儿童几乎都没有出现关节疼痛或肿胀。并且，实际上，就在两个月后，传染疾病中心最终推荐进行全面的儿童接种。[667]

当时专家们意见不一，有的认为给儿童接种最合适，有的则认为给育龄女性接种最合适——当然首先要确保她们没有怀孕，因为尚不清楚减毒的疫苗病毒是否会伤害胎儿。[668][669]

英国选择给即将进入青春期的女学生接种。（英国在1978年、1979年和1983年发生了几次严重的风疹疫情，于是从1988年开始给学龄前儿童，无论男女都接种疫苗。）[670]

1969年冬，随着一种或多种风疹疫苗即将获批，国家卫生研究院大礼堂里的每位医生都确切地知道一件事。即使美国选择对儿童而非母亲开展常规接种，疫苗获得审批后，有怀孕计划的女性也会上门要求接种。接诊这些女性的医生会很难拒绝她们。因此，在普洛特金上台发言，谈及他在成年女性中测试其疫苗取得的结果时，医生们可能都记下了他发言的内容。

去年，从小道消息获知默克公司和飞利浦·罗克珊公司的疫苗会造成关节炎问题时，普洛特金就决定在成年女性中测试RA 27/3疫苗的效果。到国家卫生研究院举办会议时，他已经给费城多家医院的61名实习护士接种了疫苗。他对听众说，没人出现关节疼痛或肿胀。[671]并且，为准备这次会议，他还收集了国外合作者以86名成年女性测试RA 27/3疫苗的数据。这些女性也都没有出现关节问题。

在发言最后，普洛特金谈及了RA 27/3疫苗的其他优势：它产生的抗体水平与竞争者的疫苗一样高；但是不像他们的疫苗，RA 27/3疫苗是以WI—38细胞制备的，不存在潜藏动物病毒的风险。并且还有一点不同，它可以通过鼻内投药产生抗体。

直到发言结束，普洛特金都没有提出他的问题，但是在他看来，问题似乎不言自明。基于HPV—77的疫苗有种种不足，比如引起关节

疼痛、关节炎、出疹，比如在实验室培养皿中长时间接触过非洲绿猴肾细胞，可为什么生物制品标准部还是选择批准它？几乎可以肯定，几个月后它就会获批。

会议最后一天，生物制品标准部的主管罗德里克·默里站起来发言，普洛特金未说出口的问题显然没有给他造成困扰。他并未提到普洛特金的疫苗，也没有提到海弗利克的人细胞。不过，他确实提到另外两个疫苗选手与非洲绿猴肾细胞有密切接触。关于由此引发的对安全性的关切，他宣称，制备绝对不含潜藏猿猴病毒的风疹疫苗所需费用太过昂贵。

“现在要生产一种不含［动物病毒］、普遍适用的疫苗，从经济角度看是不可行的。”默里对听众说。他能给出的最佳建议是，对实地实验中的接种者开展细致、长期的追踪研究，看是否有任何不良反应。[672]

普洛特金使用海弗利克的无病毒人二倍体细胞制备的RA 27/3疫苗，似乎又被忽视了，就好像它不存在一样。

五十年后，参会者仍然清楚地记得会议最后那天下午的情形。有人质疑普洛特金用于制备疫苗的WI—38细胞的出处，由此引发了一场讨论。质疑者是来自英国利物浦大学的凯文·麦卡锡博士，他担心WI—38细胞的部分DNA可能存在于疫苗中，然后与疫苗接种者的DNA融合。麦卡锡询问了WI—38胎儿的同胞信息。他们是否正常？堕胎的原因是什么？言外之意是，如果堕胎的原因是胎儿患病或畸形，或者是胎儿的同胞患病，那么大家就有理由担心。[673]

普洛特金给出了以下自信的答复。

“胎儿是由斯文·加德教授为本目的专门选择的。”他告诉听众，“父母的信息都有记录，而且没有什么剧情，他们是已婚夫妇，仍然在世，很健康，应该生活在斯德哥尔摩。之所以堕胎，是因为他们已经有好几个孩子了。二人都没有遗传病，双方家族都没有癌症病史。”[674]

（实际上，X先生和X太太此时已经离婚，不在斯德哥尔摩生活。但是，这点与科学无关。）

普洛特金的答复令人安心，会议室里大概最有影响力的一个人立即回应他。在美国病毒学界，很少有人像阿尔伯特·萨宾那样受人敬畏。甚至在1961年他的脊髓灰质炎活疫苗在美国获批之前，他就因睿

智和顶尖的科研能力而为人所知。脊髓灰质炎活疫苗获批后，他在许多人心中地位至高无上。

萨宾62岁，年纪足以做普洛特金的父亲。他头发雪白，发际线在渐渐上移，嘴唇单薄，胡子稀疏，目光里透出威严。他说话时带着自信，这种自信源自他击败过无数不及他的人。（他本科时是纽约大学辩论队的成员，据说从未输过一场比赛。）希勒曼后来回忆说，萨宾是一个“卑鄙、该死的混蛋，总是从一个领域偷偷钻进另一个领域”。[675]生物制品标准部的科学家伯尼斯·埃迪回忆说：“他总是觉得自己比别人重要。”[676]1960年代，萨宾对生物制品标准部影响巨大。

萨宾站起来说了两点。首先，他质疑WI—38细胞辩护者反复表达的观点，即这种细胞“其特征已经得到了完整描述”，因而永远不会有任何癌变的危险倾向，并且它们没有潜藏，也永远不会被发现潜藏着“多余”病毒。萨宾的意思是，它们并没有得到完整描述。

“没有哪种细胞系其特征能得到完整描述，因为我们做任何事情，总会遇到某些无法测试的假设。”萨宾解释道。确实，海弗利克、普洛特金以及其他WI—38细胞的支持者用电子显微镜仔细检查过培养的WI—38细胞，从未发现不受欢迎的病毒。但是，这并不意味着这样的病毒在细胞中完全不可能存在。他们就算一直找到世界末日，也无法确定。[677]

萨宾还反驳了那些认为他意气用事的批评者。他让听众们想想那些使小鼠患上白血病的病毒。当然，大家都已经知道了现在很出名的、以佩顿·劳斯命名的病毒，它会使鸡长肉瘤，即恶性的结缔组织瘤。萨宾继续说，现在学界急于找出能使人患上白血病的类似病毒，国家卫生研究院的下属机构国家癌症研究所与萨宾本人都参与了这项研究。如果存在这种病毒，它完全有可能潜藏在WI—38细胞内。此外，对培养细胞的研究显示，导致白血病的病毒在实验室的早期传代中并不会显现出来。但它们存在，它们在等待。萨宾总结道，对于WI—38细胞的批评者是否意气用事这点，“理性的人可以有不同意见”。[678]

在萨宾滔滔不绝地发言时，普洛特金开始在一张横格纸上记笔记。“完全是神学，”他写道，“没有事实依据。”普洛特金不信教，但是在那一刻，他不由自主地想到了《圣经》中《撒母耳记上》里的一句话：“这是神将他交在我手里了。”

萨宾发言完，普洛特金站起来朝会议室前面的话筒走去。讲台上的默里试图以辩论时间有限为由阻止他。

“让他讲！”听众中有人喊道。

默里默许了。

“我回想到脊髓灰质炎流行的时期，”普洛特金开口说道，“与萨宾博士辩论特别像掉进熊坑。进去时和出来时样子肯定不一样。”

但是，此时张牙舞爪的是普洛特金。

萨宾说，在早期传代的被感染动物细胞里，导致白血病的病毒有时并不会显现出来。对于这一点，他应该知道，在各年龄WI—38细胞中，甚至在分裂约50次后死亡的WI—38细胞中，使用电子显微镜都没有发现病毒。使用抗病毒抗体追踪WI—38细胞中潜藏病毒的多次测试，结果均为阴性；甚至使用白血病患者血清进行的测试，结果也均为阴性——白血病患者的抗体应该能够追踪到任何潜藏的“白血病病毒”。穷尽性染色体研究的结果也没有引发担忧。而且，WI—38细胞也从未发生癌变。

“我一直很好奇，”普洛特金继续说，“担心WI—38细胞的人竟然不担心其他组织里的未知物。”他反问，用于疫苗生产的猴肾中有多少被人研究过，以确保细胞的染色体数目正常？有多少被人研究过，看细胞是否会随着时间的推移而癌变？

“帕克曼博士暗示过，”普洛特金继续说，“HPV—77病毒株进行最初76次传代培养所用的猴肾细胞，并没有进行过细致的测试，看其中是否有潜藏的猿猴病毒。但是，显然没有人为此担心。”

“这里，我们面对的是神学，”他总结道，“你们明白，在神学中很难证明事物不存在。我们无法证明鬼不存在。但是，在我看来，它并不能作为理智决策的基础。”[679]

普洛特金离开话筒时，掌声响彻礼堂，几十年后他回忆说那是“雷鸣般的掌声”。[680]

有一个人没有鼓掌。海弗利克很早就走了，据普洛特金说，他为自己的细胞被判出局而沮丧。

四个月后，默里的生物制品标准部公布了官方生产标准，首次允许一种风疹疫苗在美国获批。该标准规定，风疹疫苗必须以鸭胚或狗肾细胞培养，这实际上就指定了默克和飞利浦·罗克珊为仅有的两家能够申请许可的公司。[681]默克公司的疫苗在当月获得生物制品标准部批准。这个决定对默克公司来说并不意外，他们已经在西点的园区里

建起了池塘、养了一群北京鸭子，还生产了60万份疫苗，准备在6月份获得食品药品监督管理局批准的那天推出。[682]随后，飞利浦·罗克珊公司的疫苗于1969年12月上市。几个月后，生物制品标准部对标准作了补充，允许使用兔肾细胞制备疫苗，因此史克法公司的注射型Cendehill疫苗在1970年初获得了许可。Cendehill不像它的竞争者那样经常引发关节问题，所以医生首选给成年女性接种这种疫苗。[683]

很快，飞利浦·罗克珊公司使用狗肾细胞生产的疫苗就明显让人无法接受。它不仅会使成年女性患关节炎和关节疼痛，而且接种疫苗后罕见患关节炎的儿童，在接种“Rubelogen”牌疫苗后也开始患上关节炎。儿童的膝、腕和手都出现了关节炎。有些儿童还患了腕管综合征。炎症可以持续数周，对近30%或许更多的儿童，炎症还会复发。[684]还有些儿童患上了一种奇怪而痛苦的神经综合征，夜里会因手、臂、腕疼痛而醒来，早晨则因腘窝疼痛走路一瘸一拐，呈垒球接球手下蹲姿势。这种综合征也可以持续数月。[685]

不到几个月，州立机构开始把未使用的狗肾疫苗退给飞利浦·罗克珊公司，并拒绝再收新货。[686]1970年9月，疫苗获批九个月后，联邦政府机构开始拒绝购买它。[687]1972年，飞利浦·罗克珊公司从市场上召回了疫苗。

那史克法公司对普洛特金疫苗的热情支持呢？1970年初发生的两件事毁掉了他们的合作。一件是生物制品标准部批准了史克法的Cendehill疫苗。另一件是在Cendehill疫苗获批之前两周，普洛特金在公司里的支持者费洛托辞职，突然去了波多黎各。

科普罗夫斯基的行政助理诺顿接到史克法公司的电话，得知费洛托离开的消息后，写了一份备忘录给科普罗夫斯基和普洛特金：“史克法公司现在大概没［有］人会真正推动这个项目。”[688]他说对了。几个月后，史克法公司放弃研发普洛特金的疫苗。诺顿打电话给在萨格勒布开会的普洛特金，告诉了他这个消息。

在美国，普洛特金的疫苗似乎撞上了一堵决定性的、无法逾越的墙。美国巨大的疫苗市场已经归默克公司和史克法公司所有，被两家各自的鸭胚和兔肾细胞疫苗占据。[689]

欧洲完全是另一番景象。从萨格勒布回来后不久，普洛特金写信给在斯坦福大学的海弗利克，告诉他参会者经过粗略计算，推断全球约有400万人接种了基于WI—38细胞的疫苗。他还说：“你会感到欣慰，［WI—38］风疹疫苗已经在法国和南斯拉夫获批，在英国也正在提交申请。”[690]英国将于1970年12月29日批准这种疫苗，伯勒斯·

惠康公司会迅速把它推向市场。另外，辉瑞也正准备在英国和美国申请销售以海弗利克的人二倍体细胞制备的脊髓灰质炎疫苗。在南半球，澳大利亚政府的疫苗生产者联邦血清实验室，正忙着安排设备来生产普洛特金的风疹疫苗；海弗利克将于1971年去墨尔本，为那里的澳大利亚科学家提供咨询。先天性风疹是澳大利亚科学家诺曼·格雷格最先识别出来的，现在政府选择使用以WI—38细胞制备的风疹疫苗来消灭这种疾病。

第十七章　细胞战争

加利福尼亚州斯坦福，**1968年6月——1969年12月**

> 人二倍体细胞株的整个研发历史是由一系列失败、失望、误解，最后还由官司构成的。但其中并不乏幽默。
>
> ——伦纳德·海弗利克，1984年[691]

1968年夏，海弗利克来到斯坦福大学，当时他既没有住所也没有实验室。一家人临时租住在校园兄弟会的房子附近。他们在那里住了十五个月，等着校方为他们建好一栋方正的赭黄色新房。这栋房子位于一块安静的飞地上，它所在的街区很舒适，学生们将它戏称为“教职工部落”。房子有五间卧室，甚至还有一间给海弗利克的小书房。院子里种着几棵杏树和一棵木兰，木兰在春天开满白色的大花，甚是壮观。

至于那些珍贵的原代WI—38细胞，海弗利克回忆说，在等实验室建好运行起来时，他将它们交给了特别有资质的朋友和同事沃尔特·纳尔逊-里斯；纳尔逊-里斯帮助管理位于旧金山湾对岸奥克兰的海军生物学实验室的细胞培养部门。（海弗利克还记得，纳尔逊-里斯的一名实验室技术员出于好奇，擅自解冻和增殖了几瓶WI—38细胞。海弗利克得知损失后非常痛心。）

在费城经历了数个寒冷、灰暗的冬天和潮湿的夏天后，海弗利克一家乐于接受改变。11岁的乔尔喜欢纯净的阳光。一直想到加利福尼亚生活的露丝，发现这座田园式的校园并没有令她失望——校园里的红瓦砖石建筑，散发着芬芳的桉树，还有一群群骑着自行车、晒得黝黑的本科生。教职工的妻子们都很友好。她得知自己可以作为教职工配偶听课，于是选修了生物课，后来还遇到了一位和她一样从事艺术工作的朋友。没过多久，她就抽出作为五个孩子的母亲能抽出的一点时间，参加了帕洛阿尔托艺术俱乐部，还使用了新朋友家车库里的版画印刷机。

对海弗利克这样雄心勃勃的生物学家，斯坦福大学几乎总是充满吸引力。十年前，乔舒亚·莱德伯格刚刚因发现细菌基因重组而获得诺贝尔奖，就创建了遗传学系。生物化学系的阿瑟·科恩伯格1959年因

揭示DNA的合成机制而获得诺贝尔奖。他在生物化学系的同事保罗·伯格不久后会接替他成为系主任，1980年保罗·伯格因首次将来自不同有机体的基因结合在一起而获得诺贝尔奖。在生物学以令人兴奋的方式扩张边界的时代，这三位“伯格”让斯坦福大学成了一个圣地。

诚然，海弗利克任教的斯坦福大学医学微生物学系不能与三位“伯格”所在的领域相比。在接受这份工作前，海弗利克已经知道医学微生物学系相对落后。实际上，它的位置就能说明这一点，它位于在1906年大地震中大半损毁的旧博物馆里。但是，这也让海弗利克有足够的空间开辟自己的道路。

医学微生物学系与解剖学系共用一栋楼，这栋楼建于19世纪与20世纪之交，里面没有地方可以给海弗利克建实验室。他分得一间铁板房，这间长方形的预制房占地约1000平方英尺。它坐落在一片铺着碎石子的空地上，位于共用楼的医学微生物学系一侧和大学博物馆背面之间，这片空地也兼做停车场。在碎石子空地对面，紧靠着解剖学系一侧的是一间狗舍，里面关着患嗜睡症的狗，饲养员是顶尖的睡眠研究专家威廉·德门特。他的工作人员会定期把那些黑白花小狗放出来在停车场里跑跑，它们有时跑着跑着就睡着了。（海弗利克的儿子乔尔回忆说，海弗利克还会在周六看橄榄球赛时把家里的车停在这里，免得去校园那头的斯坦福体育馆交费停车。）

这间铁板房是个空壳，海弗利克的实验室要从零搭建，这需要几个月。在此期间，海弗利克用空心门板当操作台，把纸箱堆起来给自己隔出一间办公室。几年之中，海弗利克得到国家卫生研究院的资助，扩建了实验室：实验室的一头加盖了两间移动房，它们通过一扇门相连。

扩建后的实验室称为“癌症病毒实验室”，这是按照国家卫生研究院的资助项目来命名的。它包括一间供两位秘书办公的角落办公室、一间在秘书办公室隔壁的海弗利克办公室、一间用于孵化细胞的温室、一台大型的液氮冷柜，还有足够的公共空间容纳技术人员、研究生和来访的同行。

海弗利克实验室是一个忙碌的地方。有一位初级技术员来自伊朗，容易激动，他的真正理想是做一名银行家，经常开着他的绿色大众甲壳虫车在校园里狂飙。还有埃里克·斯坦布里奇，一名蓝眼睛、薄嘴唇的博士研究生，他曾在威斯塔研究所跟着海弗利克工作。伍德林·“伍迪”·赖特是一名聪明的哈佛大学毕业生，长着红胡子和一双真诚的棕色眼睛。他于1970年来到实验室，在这里完成博士学业，而同一时期，他也在哈佛大学医学院取得了医学博士学位。在海弗利克的支持

人员中，南希·普雷贝尔是中流砥柱，她是一名特别能干的技术员，高挑、强健，当年28岁。她的父母让她当体育老师，但她去了宾大学习化学。从12岁起，她就想做实验室技术员，她于1963或1964年加入了海弗利克在威斯塔研究所的团队，后来成为海弗利克的技术员主管，并跟随他从费城来到斯坦福。

实验室没有什么特别的，而且空调也不好用，夏天热得难受。但它是海弗利克的实验室，连玻璃器皿上都贴着定制的标签，上面是用耐久颜料，用棕色大号大写字母写的“HAYFLICK”（海弗利克）。

1968年夏，美国东海岸又闷又热。威斯塔研究所的科学管理员，拥有博士学位的微生物学家罗伯特·鲁萨正在加拿大多伦多参加一场关于组织培养的会议。一同参会的还有研究所的同事文森特·克里斯托法洛。文森特·克里斯托法洛是一个圆胖、冷静的费城本地人，尽管有六个女儿，他还是抽出时间专注研究海弗利克的胎儿细胞的老化问题。有人找到鲁萨，让他去接电话。电话那头是希拉里·科普罗夫斯基的秘书。她让鲁萨和克里斯托法洛放下所有事情，立即飞回费城。威斯塔的所长要跟他们商量一件比在多伦多开会更急迫的事情。

回到威斯塔研究所，鲁萨发现科普罗夫斯基“急得团团转”。那些珍贵、年轻的原代WI—38细胞不见了。海弗利克将它们全部带走了。科普罗夫斯基狂怒不已。他一边踱来踱去，一边问鲁萨和克里斯托法洛他们觉得WI—38细胞属于谁。“他很激动。”鲁萨回忆道，“我们猜测那些细胞值多少钱。对希拉里而言，它们价值巨大。”[692]

不久之后，科普罗夫斯基派克里斯托法洛去斯坦福，想取回最低数量的细胞，就是1月那份协议约定属于威斯塔研究所的十瓶细胞。海弗利克记得有人从威斯塔研究所来到他在斯坦福大学的实验室，要求取走细胞，但他记不清是谁了。他记得自己当时很恼火，让那人空手回了费城，说他需要预约，不会在突然接到要求时把细胞交出去。[693]

2006年，克里斯托法洛去世。他生前接受了罗杰·沃恩的采访，回忆了下面一段经历。2000年，科普罗夫斯基的传记出版，罗杰·沃恩写道：

> 科普罗夫斯基派克里斯托法洛去要回属于威斯塔研究所的那部分细胞。他飞去加利福尼亚，却没有得到海弗利克的配合。“我们吵了一架。”克里斯托法洛说。科普罗夫斯基给海弗利克打了电话，然后告诉克里斯托法洛说已经谈妥了。克里斯托法洛再次飞去加利福尼亚。“海弗利克问我是否有容器。我说有，

液氮罐。他问我容器有没有测试过。他说，除非测试显示容器能正常工作72小时，否则他不会把细胞给我。我对他说，容器是全新的，而且路程最长只有10小时。他又拒绝了我。我们又吵了一架。”[694]

海弗利克离开费城后，那些依赖细胞的人很快就知道他带走了细胞。科普罗夫斯基“勃然大怒”，普洛特金回忆道。[695]海弗利克到斯坦福大学入职才九天，普洛特金就给他写了一封信。“我写信来是提醒你我们关于WI—38细胞的讨论内容。你解冻安瓿后，我们想要一份细胞。同样，以后每次解冻安瓿后，我们都希望能收到一份细胞。我希望你在加利福尼亚一切顺利。”[696]

此时，他无论如何也无法获得其他WI—38细胞。全美、全球的几十名科学家要么正将细胞放在孵化器里培养，要么正将它们藏在冷柜里。位于马里兰州罗克维尔市的著名细胞库——美国典型培养物保藏中心已经拥有约100瓶倍增过15次的细胞，这些细胞对研究很有用。[697]但是，对疫苗生产者来说，黄金般珍贵的还是那些只传代过八九次的原代WI—38细胞，因为它们十分年轻，能够呈指数级地大量增殖。海弗利克在斯坦福大学像一只嫉妒的母鸡那样守卫的，正是几百瓶这种十分年轻的原代细胞。

在斯坦福大学，海弗利克很快就像在威斯塔研究所时一样忙了。他继续研究支原体，也就是他读博时研究的那种微生物。他在1960年代末发表的科学论文或文章中，约有一半是研究支原体的。他的大多数其他文章则是继续努力让WI—38细胞得到接受、用于制备病毒疫苗。

1968年年中海弗利克离开威斯塔研究所时，国家卫生研究院下属的国家癌症研究所的专家似乎认为，科学界对WI—38细胞的需求已经得到满足。[698]所以，国家癌症研究所终止了那份要求海弗利克为科学家提供细胞的合同。但是，一年后，国家卫生研究院另一家机构富有开创精神的项目专员唐纳德·墨菲意识到，在活跃的、快速发展的细胞老化研究领域，科学家对WI—38细胞的需求并未减少。WI—38细胞是研究细胞老化过程的完美工具。细胞老化研究这个领域的开创者正是海弗利克和穆尔黑德，两人1961年发表了里程碑式的论文，指出正常细胞在实验室中会老化。

因此，1969年年中，国家卫生研究院与斯坦福大学签了一份新合同，海弗利克是主要研究人员，墨菲是项目专员。海弗利克再次受雇代表国家卫生研究院生产、研究和分发细胞，这次分发的对象则是做细胞老化研究的生物学家。[699]（墨菲并不知道，海弗利克是在违背

国家癌症研究所意愿的情况下将细胞带到斯坦福大学的。当时，国家卫生研究院的下属机构并不知道彼此的行动。）

但是，与此同时，到斯坦福大学的第一年，即1968年7月到1969年6月，海弗利克继续向外分发WI—38细胞，他并不觉得这有什么不妥。他给位于伦敦的医学研究委员会寄去27瓶第8代的原代WI—38细胞，给苏联寄去3瓶，给位于萨格勒布的免疫学研究院的疫苗专家德拉戈·伊基克寄送了5或10瓶。[700]他还解冻了11瓶第8代的WI—38细胞，等群体倍增9到12次后，将细胞移入装有营养液的瓶中，寄给科学家们。为了满足对这些“起始培养细胞”的巨大需求，他每4至6周就要解冻一支原代安瓿，他已经这样做了好几年。[701]

海弗利克直接无视1968年1月的那份协议，以及1968年2月国家卫生研究院写给科普罗夫斯基的那封跟进信，信上说国家卫生研究院拥有细胞，并且现在“官方政策”禁止再解冻和增殖第8代细胞。

在斯坦福大学的第一年，因为没有与国家卫生研究院签订合同从而获得支持，海弗利克开始收取15美元，以支付培养、制备和寄送细胞的花费。他在一场细胞培养专家会议上指出，这一收费价格低于美国典型培养物保藏中心的25美元，而保藏中心的细胞更老，是第15代。[702]“这些钱，”他告诉同事，“用来延缓［原文如此］邮寄、购买玻璃器皿，以及包装和培养用于分发的细胞。”

1968年11月，他在斯坦福大学设立了一个名为“医学微生物学培养费用”的基金，将收到的钱存入其中。[703]他告诉自己，他最终会请律师厘清细胞的所有权。在这之前，这笔钱就积累起来。

1969年6月，国家卫生研究院请他给从事细胞老化研究的人员分发WI—38细胞的新合同生效，海弗利克开始免费给研究细胞老化的科学家寄送细胞。这份合同覆盖了相关的费用。但是，在其他科学家需要细胞时，他仍然收费，就算对国家卫生研究院的研究人员也不例外。在国家卫生研究院，付费从他那里获得细胞者包括研究服务部门，以及研究院下属的环境健康研究机构的科学家。[704]（这两个部门的购买者后来都说，他们以为海弗利克拥有这些细胞，不知道国家卫生研究院主张过这些细胞的所有权。）[705]海弗利克还向威斯塔研究所的前同事收费；1969年，他曾写信给普洛特金，说过去几个月寄送过两份细胞，问为什么没有收到15美元付款。只是因为疏忽，还是因为研究所通过了某项政策，规定不给他付款？普洛特金很快回信说已经催促相关人员付款了。[706]

文森特·克里斯托法洛两次去斯坦福，都未能从海弗利克那里收回

WI—38细胞，后来，科普罗夫斯基的另一位密使终于成功了。1969年1月3日，当时在威斯塔研究所做访问研究的科学家、捷克医生帕维尔·科尔多夫斯基从海弗利克那里收到10支原代安瓿，送回了威斯塔研究所。[707]

不过，科普罗夫斯基似乎在继续给海弗利克施压，让他归还更多装有原代WI—38细胞的安瓿。海弗利克与科普罗夫斯基讨价还价，他让科普罗夫斯基作出书面保证，承诺要是他归还了细胞，科普罗夫斯基不会转手出售它们。普洛特金1969年3月写信告诉海弗利克，说“自然每个人都否认打算出售WI—38细胞”，但是如果他想得到书面保证，就要让董事会来写。[708]

海弗利克很有可能根本没有收到书面承诺，因为1969年科普罗夫斯基正在积极地与法国的梅里厄研究所、费城的史克法公司、英国的伯勒斯·惠康公司协商关于RA 27/3疫苗的授权协议。现在我们知道，1969年春末夏初，海弗利克来到斯坦福大学第二年了，他非常满意自己没有向科普罗夫斯基提供细胞。

普洛特金曾经写信告诉海弗利克，费城的惠氏制药公司向生物制品标准部施压，要让他们接受WI—38细胞。惠氏使用WI—38细胞为美军生产了一种新的腺病毒疫苗，现在想将这种疫苗投放到民用市场。惠氏受够了默里的反对，准备把情况反映给宾夕法尼亚州的共和党参议员理查德·施韦克。[709]海弗利克在回信中抱怨说他对这些事情全然不知，并威胁说要告诉理查德·施韦克，威斯塔研究所既不能提供，也控制不了那些珍贵的年轻WI—38细胞。[710]

在某一刻，科普罗夫斯基似乎放弃了认真的努力，不再试图从海弗利克那里要回更多WI—38细胞。这或许是因为海弗利克远走高飞了；或许是因为他尽管容易与人直接冲突，但并不喜欢那样做；或许是因为好几家公司都已经拥有了足量的年轻WI—38细胞；又或许是因为他现在见识了海弗利克有多么顽固。

第十八章　生物制品标准部失职

华盛顿特区，1972年春

生物制品标准部在很多重要领域的作为是毫无作为。

——伦纳德·海弗利克，在美国参议院的证词，1972年4月20日[711]

1972年3月，海弗利克十年来的不懈宣传终于取得了成果。生物制品标准部批准一种用WI—38细胞制备的疫苗进入美国市场，这是一种脊髓灰质炎疫苗。

最终从罗德里克·默里那里争取到许可的是辉瑞。这家大型制药公司总部位于曼哈顿市中心，但是由于英国对WI—38细胞很友好，它在英国桑威奇也有工厂，已经上线生产这种新脊髓灰质炎疫苗了。最初，新疫苗要从英国运到美国。[712]这种疫苗名叫“Diplovax”，是为了致敬海弗利克的“二倍体”（“diploid”）细胞。辉瑞使用这种细胞生产了大量的萨宾脊髓灰质炎疫苗。如今在包括美国在内的全球大部分地区，萨宾疫苗都是主要的脊髓灰质炎疫苗。

这一刻，海弗利克深感满意。新疫苗的包装盒向全世界宣告了他的成就，亮白的底色上用蓝色粗体字写着“培养自人二倍体细胞株（海弗利克WI—38）”。

一如既往，海弗利克再次在《纽约时报》的文章中宣传这种新疫苗。1972年3月8日，《纽约时报》上刊出了《人细胞疫苗》一文。[713]又一次，这篇文章只引述了海弗利克一个人的话；又一次，他提醒读者“猴肾是许多有害病毒的臭名昭著的储存宿主”。他还预测，使用WI—38细胞制备的狂犬病、风疹、麻疹疫苗很快就会在美国上市。

为什么难以捉摸的默里最终认为可以批准一种基于人细胞的疫苗，这不得而知。他曾经对《科学》期刊的一名记者说，之所以批准这种疫苗——此时WI—38细胞问世已有十年——只是因为辉瑞公司的申请是生物制品标准部收到的第一份关于使用WI—38细胞制备疫苗的申请。[714]他的话让人难以相信，因为惠氏曾申请过许可，让使用WI—38细胞为美军制备的腺病毒疫苗进入民用市场，却遭到默里

反对；默里也肯定知道，在没有任何哪怕是非正式迹象表明生物制品标准部将放开这类疫苗的申请时，没有哪家以民用市场为目标的制药公司会投入时间和资源研发这类疫苗。

无论如何，在1972年3月，有很多事情比解释为什么十年来一直反对WI—38细胞更让默里操心。前一年秋，一位经验丰富、直言不讳的美国参议员对默里的生物制品标准部如何作为，或者说如何不作为，产生了强烈的兴趣。

62岁的亚伯拉罕·里比科夫是康涅狄格州的自由主义民主党人，他在老朋友约翰·F.肯尼迪任总统期间曾做过卫生、教育和福利部的部长，但时间不长，而国家卫生研究院就属于这个庞大的部门。作为一名出身低微的律师和康涅狄格州前州长，里比科夫是一位强硬、好斗的政治家，他的精查细审肯定曾经让生物制品标准部难以忍受。他是美国政府工作委员会下属一个参议院专门小组的主席，这个委员会负责监督“行政机构改组和政府研究”，所以很方便向默里的部门投去激光一般的关注。

1971年夏，举报人J.安东尼·莫里斯联系上了里比科夫，他是生物制品标准部的老科学家，亲眼见证了多个事件，其中最重要的是十年前伯尼斯·埃迪因为发现和追踪研究使仓鼠患上肿瘤的“物质”而被禁言和降级；这种“物质”存在于用于生产脊髓灰质炎疫苗的恒河猴和食蟹猴的肾细胞中，它最终被证明就是潜藏的猿猴病毒SV40。

举报人莫里斯并不容易相处，但他是一位颇有成就的科学家。值得一提的是，他发现了一种重要的呼吸道病毒——呼吸道合胞体病毒，并且在他人发现SV40存在于脊髓灰质炎疫苗中后，证明了SV40滴入鼻腔能够直接感染人。科研上的成就增加了他对生物制品标准部的举报的分量。而且，他的律师詹姆斯·S.特纳也是生物制品标准部的一名严肃而能干的对手，他最近为拉尔夫·纳德的回应型法律研究中心撰写了《化学盛宴》，一部研究美国食品药品监督管理局的著作。

1971年10月，里比科夫站在参议院的发言席上，罗列了莫里斯和特纳提供的长长的、极具杀伤力的罪名清单。这份清单指控生物制品标准部不称职；保守主义严重，几乎使部门瘫痪；对某些产品，尤其是风疹疫苗，既是监管者，又是研发者，角色在本质上有冲突。[715]莫里斯称，最令人不安的是，当科学家发现市场上已有的或即将获批的疫苗存在安全性或有效性问题时，生物制品标准部多次终止或忽视科学家的研究。

莫里斯指控，生物制品标准部明明知情却仍批准稀释过的流感疫

苗上市，六个月后，政府调查办公室（现名政府问责办公室，是美国国会的一个调查机构）证实了这项指控。[716]他强调，生物制品标准部在1960年代初未能及时阻止制药公司使用可能已感染SV40的恒河猴和食蟹猴肾细胞来制备脊髓灰质炎疫苗和腺病毒疫苗。他指责，压制埃迪关于SV40的发现是生物制品标准部典型做法的一个实例，该部门经常终止或忽视那些对其在疫苗（包括默克公司的风疹疫苗）安全方面的决定或观点构成挑战的科学研究。

莫里斯指控，1969年，部门的一位科学家从实验室培养的鸭胚组织里发现了异质的病毒样粒子，而这正是默克公司用于制备风疹疫苗的那种组织。生物制品标准部让这位科学家放弃研究，因为那些粒子“没有生物活性”。有人听到默里这样评论：“我们必须特别小心。因为如果我们披露了病毒污染，生产商可能要遭受严重的经济损失。”[717]

1966年，莫里斯从临床研究中发现流感疫苗只保护了20%的接种者，他告诉上司自己想探究其中的原因，随后却被免去了流感疫苗监管负责人的职位。

里比科夫高度公开莫里斯和特纳的指控，生物制品标准部显然因此深陷政治麻烦。

对海弗利克来说，这种精查细审早就应该做了。在里比科夫邀请他次年春作为证人去国会山参加为期四天整的专门小组听证会时，他接受了。1972年4月和5月，总共有十七名证人与里比科夫的专门小组面谈，海弗利克是第三个。他在第一天就作证了。

海弗利克毫无隐瞒。他称赞自己的WI—38细胞“绝对洁净”，与猴肾细胞相比具有“明显优势”。他对参议员说：“每只猴子都是一个独立的宇宙，其细胞可能携带许多有害病毒，而WI—38细胞则不同……如果人们能够意识到，每生产一批［脊髓灰质炎］疫苗都可能需要牺牲数百只猴子，而这些猴子的肾里真实地潜藏着最危险的有害病毒，他们就能认识到这个问题的严重性。实际上，在这一方面，猴肾是已知的‘最脏’器官。”

海弗利克感到非常痛心，在科学家发现SV40污染了脊髓灰质炎疫苗之后，生物制品标准部仍然“固执己见”，拒绝向制药公司显露哪怕丝毫迹象，暗示它将批准一种用WI—38细胞制备的疫苗。他抨击生物制品标准部作风“懒散”“极端保守”，这导致1500万俄罗斯人已经接种了萨宾的脊髓灰质炎疫苗之后，美国人才开始服用。他谴责默里的做法，即为自己机构里的科学家研制的风疹疫苗充当裁判和评审。他

呼吁成立外部的专家咨询小组来参与审批决定。他抱怨默里的决定不可改变，没有上诉机制。他指出，默里做了十七年负责人，任职没有期限。他呼吁以生物制品标准部之外的人替代默里。[718]（此时大家都已经知道，国家卫生研究院组织了一个遴选委员会，要请人立即取代默里。）[719]

海弗利克说这些话丝毫不带讽刺，没有油腔滑调。相反，他特别真诚，只是他毫不明智。不过，这正是海弗利克：忍不住走向讲台，一旦站上去就无法也不愿意有所保留。

“我想，你对生物制品标准部及其当前的政策和做法做了有力的控诉。”海弗利克结束发言时，参议院委员会的主席——参议员弗雷德·R.哈里斯这样对他说。[720]

似乎可以肯定的是，生物制品标准部深感羞辱。有一份备忘录写于海弗利克作证六天后，它后来成了脊髓灰质炎疫苗诉讼材料的一部分，并收入了《病毒与疫苗》一书。在这份备忘录中，当时美国的主要脊髓灰质炎疫苗生产商莱德利实验室公关部门的一位员工写道：“接到生物制品标准部信息办公室的电话，得知他们最终决定采取强硬行动，回击海弗利克博士对猴组织疫苗的指控。疾病控制中心显然参与了这次反制行动。”[721]

次月，海弗利克在《科学》上发表《人病毒疫苗：为何使用猴细胞？》一文，猛烈攻击生物制品标准部的科学家，而这可能让国家卫生研究院更加难受。[722]

海弗利克咄咄逼人的证词与普洛特金在听证会上的回答对比明显，也显明了两人的不同。它还反映出一个事实，即固执的普洛特金仍然希望有一天自己的风疹疫苗能够得到美国监管者批准。所以，他不愿意冒犯他们。当里比科夫请他作证时，他低头递上了一封简短的信作为回答。他在信中解释道：“我决定不亲自出庭作证，因为这整段经历对我来说十分不愉快，我不希望再主动地卷入这个问题。”他写道，他会在信中总结“我所知道的事实”，因为他觉得作为公民有这样的义务。

随后，普洛特金用平静、克制的语言，按时间顺序讲述了他不顾生物制品标准部的反对尝试研制风疹疫苗，讲述了他只能去英国和法国寻找有兴趣生产这种疫苗的公司。他用了一句自己能够写出的最冷漠、最不伤人的话做结语：“我相信，如果管理环境不同，上面所说的那些事情是能够避免的。”[723]

小时候患过肺炎球菌肺炎、流感和哮喘，仍然活下来的普洛特金，数十年后又有惊无险。

没有脱险的是默里。在里比科夫组织听证会时，默里申请在国家卫生研究院内部“调职”，调任国家过敏与传染病研究所的所长“特别助理”，直到十六个月后强制退休。这个少言寡语的男人在离开职位时，仅仅隐约地表达了对“申请”的遗憾：“尽管我对员工们怀着强烈的忠诚感，我还是这么做了。”[724]

默里离开后，留下来向参议员解释生物制品标准部失职原因的是国家卫生研究院的科研副主任、肾脏生理学家罗伯特·伯利纳。他是陪同时任卫生、教育和福利部部长的埃利奥特·理查森参加听证会的一众官员之一。

最终，参议院专门小组的调查结果并不让人意外。1972年7月，生物制品标准部的258名职员调任至食品药品监督管理局，部门也重新命名为“生物制品处”，但是直到2014年，它的办公地点仍然位于国家卫生研究院的园区内。后来，它成了今天的生物制品评估与研究中心，属于食品药品监督管理局。1972年，部门的新领导上任。这个人普洛特金和海弗利克都很熟悉，就是哈利·迈耶；他在原生物制品标准部与帕克曼合作研制了HPV—77风疹疫苗，后来这种疫苗被默克公司采用。

1972年3月，生物制品标准部批准辉瑞公司生产的脊髓灰质炎疫苗，它最终在美国市场上存在的时间还不如WI—38细胞在培养瓶中存活的时间长。《病毒与疫苗》一书写道，辉瑞的这种疫苗长期缺货，所以儿科医生不愿意用它。[725]与此同时，当年在脊髓灰质炎疫苗市场上占统治地位的莱德利实验室对辉瑞公司的新WI—38细胞疫苗发起了进攻。（到1970年代初，萨宾的活疫苗已经在包括美国在内的世界大部分地区取代了索尔克的灭活疫苗。制药公司不再生产索尔克疫苗，儿科医生也不再使用它。）此外，只有惠氏一家公司生产的脊髓灰质炎活疫苗在美国销售，而这家公司在1970年代初也停产了这种疫苗。[726]

莱德利实验室竭尽全力打压Diplovax疫苗，这种新疫苗是用WI—38细胞制备的，盒子上印着海弗利克的名字。他们进行了众多操作，其中包括以美国儿科学会的一个重要委员会为游说目标，该委员会是由配发脊髓灰质炎疫苗的儿科医生组成的重要成员组织。他们劝说委员会不要在每年修订的案头参考书——《红皮书》中推荐儿科医生放弃莱德利疫苗，转而使用Diplovax疫苗。为了实现这一点，莱德利实验室请求生物制品标准部帮助他们。

露丝·基尔希斯坦在生物制品标准部负责监管脊髓灰质炎疫苗安全性测试，是与默里关系最近的职员。《病毒与疫苗》写道，莱德利实验室准备去劝说儿科学会的委员会时，给生物制品标准部写了信：“在准备［与美国儿科学会的委员会］这样交手时，生物制品标准部的支持对我们来说非常宝贵。基尔希斯坦博士靠得住吗？”[727]

我们不知道已故的基尔希斯坦是否帮助莱德利实验室劝说了儿科学会，也不知道如果她确实帮了忙，尽心程度如何。但是，她不太可能出于对海弗利克的温情而有所顾虑，因为她在生物制品标准部主管脊髓灰质炎疫苗安全性的这十年里，大部分时间海弗利克都在公开抨击用于制备脊髓灰质炎疫苗的猴肾。

1976年，辉瑞公司停止在美国出售Diplovax疫苗。从1977年开始，直到2000年，莱德利实验室用非洲绿猴肾细胞制备的疫苗是美国唯一一种脊髓灰质炎活疫苗。2000年，疾病控制与预防中心建议儿科医生重新使用一种更强效的索尔克灭活脊髓灰质炎疫苗，此后莱德利实验室的活疫苗便退出了美国市场。

这种注射型灭活疫苗之所以取代萨宾的活疫苗，是因为在罕见的情况下（概率为百万分之一），活疫苗中的病毒能够变异成毒性更强的形式，造成接种者瘫痪，对免疫系统尚未发育成熟的婴儿，概率更高。[728]在脊髓灰质炎盛行，每年造成全球数十万人瘫痪和死亡时，这种风险值得承担。但是，在过去六十年里，疫苗已经消灭了地球上大多数的脊髓灰质炎，所以风险收益比发生了变化。因此，2015年世卫组织要求世界各国从2016年4月开始逐步停止使用萨宾的活疫苗。这个逐步停用过程要到野生脊髓灰质炎绝迹才算完成。2015年，有两个国家出现了野生脊髓灰质炎：阿富汗和巴基斯坦。[729]2016年夏，尼日利亚又发现了几例。[730]

第十九章　突破

宾夕法尼亚州费城与康涅狄格州纽黑文，**1970年9月—1973年10月**

要我说，疫苗学并不是火箭科学。它比火箭科学难得多。

——艾伦·施马尔约翰，马里兰大学病毒学家，2014年[731]

1970年秋，史克法公司的Cendehill疫苗获得批准，普洛特金的赞助人费洛托也离开了公司。此后，史克法公司便放弃研制斯坦利·普洛特金的风疹疫苗。鉴于之前发生的种种，要是谁觉得在美国没人注意到或在意这件事，也情有可原。然而，希拉里·科普罗夫斯基、普洛特金，以及与他合作测试风疹疫苗的几位同事，都注意到并在意这件事。

毕竟，生物制品标准部批准的以非洲绿猴肾细胞研制的风疹疫苗，已经在美国上市一年多了。这种疫苗包括默克公司随后又以鸭胚细胞培养过的Meruvax疫苗，以及史克法公司又以兔肾细胞培养过的Cendehill疫苗。儿科医生在定期给儿童接种，想接种的女性也如愿以偿——成年女性接种的通常是Cendehill，因为它引发关节炎的概率要低于默克公司的疫苗。（密苏里州圣约瑟夫的飞利浦·罗克珊公司以幼犬肾细胞制备的疫苗，此时已经因副作用过大而被弃用。）这些疫苗似乎起了作用：人们担心会在1970年爆发的风疹疫情并未出现。

但是，在为数不多的关心普洛特金RA 27/3风疹疫苗命运的美国人中，有一位特别聪明、特别坚决的女性，她叫多萝西·霍斯特曼。她始终在密切关注医学期刊上发表的关于各种风疹疫苗的研究，而她可以说是一个不达目的不罢休的人。

1970年秋，霍斯特曼59岁。她是一名儿科医生和疫苗科学家，就职于康涅狄格州纽黑文的耶鲁大学医学院。她密切关注普洛特金在过去五年里发表的研究。她阅读过，也在继续阅读关于其他风疹疫苗的论文。她还与人合写了几篇关于这些疫苗的论文。渐渐地，她相信普洛特金的RA 27/3疫苗更优越。与普洛特金一样，霍斯特曼一旦确定目标，便会紧追不舍。与普洛特金不一样的是，她的姿态特别高，在疫苗学领域取得过众多杰出的成就。她还以无可指摘的正直品格闻名。

霍斯特曼1911年出生于华盛顿州斯波坎市，在旧金山长大。小时候，她家有一位朋友是医生，朋友在当地医院给患者看病时，她常跟着去。到1940年，她已经获得了加州大学伯克利分校的本科学位，以及加利福尼亚大学旧金山分校的医学博士学位。后来，她又在耶鲁大学完成了儿科专业训练，并在1961年成为耶鲁大学医学院的第一位女教授。那时，她已经发现脊髓灰质炎病毒是通过血流入侵中枢神经系统的，因此在脊髓灰质炎疫苗的研发中扮演着至关重要的角色。[732]

1970年9月，就是史克法公司放弃普洛特金疫苗的当月，霍斯特曼的照片就带着坦诚的凝视、褐色的波波头、露齿的微笑出现在《纽约时报》上，这篇文章是《风疹研究取得新进展，接种计划有效性受到挑战》。其中解释道，最新研究表明“许多接种者，或达半数以上，会再感染风疹病毒，风疹疫苗可能并不像最初预期的那样能给人终身免疫”。[733]

霍斯特曼的研究就是这些最新研究中的一项，才在《新英格兰医学期刊》上发表没几天。[734]其发现令人担忧。霍斯特曼与耶鲁大学、夏威夷大学的同行合作，调查在风疹自然疫情中，疫苗对接种者的保护效果到底怎么样。她知道在哪里可以找到风疹自然疫情：每年都有一支夏威夷新兵连队到美国陆军在加利福尼亚州奥德堡的基地参加训练。这些年轻人生活在处于地理隔绝的夏威夷岛上，特别容易感染风疹。每年当他们到达奥德堡，开始在军营里近距离共同生活——这样风疹病毒可以自由传播，奥德堡都会爆发一次风疹。[735]

所以，在一项始于1969年春的研究中，霍斯特曼团队在夏威夷新兵前往奥德堡之前两三个月，给他们接种了史克法公司的Cendehill疫苗。在随后发生于奥德堡的风疹疫情中，80%接种过疫苗的新兵都再感染了风疹。这并不是说他们出现了出疹和发热症状，尽管在几项类似研究中，这种情况确实罕见地发生过。[736]而是说，他们的抗体水平急剧升高，这表明病毒再次进入他们体内并安静地增殖。[737]对再感染的新兵而言，这不要紧。但是，对接触他们的孕妇而言，这相当危险。

问题并不是疫苗未能在新兵体内激发免疫系统产生抗体。实际上，在接种疫苗后，出发去奥德堡前，他们都产生了较高水平的风疹抗体。也不是在加利福尼亚州再感染他们的风疹病毒毒性特别强——奥德堡一组童年感染过风疹，因而有免疫力的士兵就很轻易地抵抗了风疹。血检显示，这组有免疫力的士兵之中只有3.4%的人再感染。[738]

也就是说，不知为何，接种疫苗而产生的抗体未能防止接种者再

感染野生病毒。它们与自然感染产生的抗体不同，它们更弱。

除霍斯特曼的研究以外，还有其他关于风疹疫苗的研究论文发表在《新英格兰医学期刊》《美国儿童疾病期刊》《美国医学会杂志》上。[739]这些研究发现，接种了默克公司的疫苗或Cendehill疫苗的人们，在开放的社区——如孟菲斯的一年级教室，在其他非军方机构——如位于波士顿的寄宿制拿撒勒儿童保育中心，以及在通过滴鼻剂有意让接种者接触病毒的临床研究中，都可能再感染。[740]这些研究合在一起提出了一个问题，霍斯特曼在发表于《新英格兰医学期刊》上的文章中直白地说出了它："如果接种者在成功免疫后几个月就能够轻易再感染，那么对于那些在6岁时成功接种过疫苗、现在处于育龄期的女性来而言，疫苗能提供持久、有效保护的希望有多大？"[741]

在论文发表之前十个月，霍斯特曼已经开始悄悄采取行动来应对这个问题——她不是继续研究美国市场上已有的那两种疫苗，而是提出一种替代疫苗。

在1969年底或1970年初，霍斯特曼写信给普洛特金要关于RA 27/3疫苗的数据。[742]普洛特金特别乐意提供，最终给霍斯特曼寄去了几百安瓿风疹疫苗，它们由两家在国外为疫苗申请上市许可的公司提供：法国里昂的梅里厄研究所、伦敦的伯勒斯·惠康公司。[743]

霍斯特曼想以奥德堡的夏威夷新兵再做一项研究，但这次使用的是RA 27/3疫苗。她要将普洛特金的疫苗注射给从未接触过风疹病毒的新兵，等他们被送去奥德堡后观察：当他们与美国本土的新兵近距离共同生活，首次接触风疹病毒时，再感染病毒的概率是否会和以前那些接种Cendehill疫苗的新兵一样高。她的直觉是，不会。她猜测普洛特金的疫苗会激发更高的免疫力。但是，她需要通过这项研究来验证。

这一次，霍斯特曼遇到了障碍。她很快写信告诉普洛特金，沃尔特·里德陆军研究所的副所长，并且很快就要晋升为所长的爱德华·比舍尔上校控制着新兵研究项目的审批，他禁止在夏威夷新兵中开展RA 27/3疫苗研究，因为他认为"研究在科学上、在管理上都说不通"。[744]霍斯特曼想不出他有什么"不可告人的动机"。

霍斯特曼不是轻易认输的人，她继续想别的办法来实现目标。康涅狄格州丹伯里是一座发展中的通勤城市，离纽约市五十公里。1970年12月，霍斯特曼在该市的数百名儿童中测试了普洛特金的疫苗。她的合作者包括：当地医生马丁·伦道夫，她告诉普洛特金，伦道夫是丹

伯里一流的儿科医生；沃伦·安迪曼，耶鲁大学医学院一名年轻的传染病医生；以及同样来自耶鲁大学医学院的病毒学家、五名孩子的母亲安·施吕德贝格。他们在伦道夫的私人诊所，在一间参与“开端计划”的学校，还在一家日托中心给孩子们接种疫苗，就普洛特金的疫苗与默克公司的疫苗、Cendehill疫苗开展头对头比较研究。之后，他们观察这些小接种者的抗体水平随时间推移的变化。他们要花整整八年才得出研究结果并发表。[745]

霍斯特曼还与西奥多·英戈尔斯合作，进行了一项规模更小、速度更快的研究；英戈尔斯是普洛特金的长期合作者，在波士顿聋人学校工作。这项研究的论文发表于1972年初，它指出在1968年接种普洛特金疫苗的儿童，其抗体水平在首次接种两年后并未明显降低。这两位科学家还向18名两年前成功接种的儿童鼻腔里注入了一种会引发风疹的“激发”病毒株。只有2名儿童（11%）抗体水平升高，也就是说发生了再感染。[746]这个比例并不低，但是多项研究表明，即使是因患过风疹而拥有自然免疫力的人再感染的概率也达3%至9%。11%的再感染率也远低于默克公司鸭胚疫苗与Cendehill疫苗接种者的40%至100%。[747]

一如既往，霍斯特曼的结论很直白。是的，她的数据不多，需要更大型的研究来验证这些数据。但是，重要的是，要想保护未来的胎儿，任何风疹疫苗都应该提供持久的免疫力，而且这种免疫力应该“在品质上类似”自然感染后获得的免疫力。[748]

霍斯特曼所谓的“在品质上类似”是指，一种成功的风疹疫苗所产生的风疹病毒抗体不仅应该水平足够强，还应该与自然感染产生的抗体类型相同。人体的免疫系统识别出外来入侵者后，会针对入侵者的许多不同部分，即抗原，产生抗体。人体还会产生不同类别的抗体，它们攻击病毒的方式和地点各不相同。霍斯特曼称，越来越多的证据表明，普洛特金的疫苗在产生的抗体类型方面，模仿了自然的免疫应答。她指出，这明显不同于默克公司的HPV—77鸭疫苗和史克法公司使用兔肾细胞制备的Cendehill疫苗。[749]

这篇论文的读者都能领会霍斯特曼的明确观点，即普洛特金使用海弗利克十年前建立的WI—38细胞制备的RA 27/3疫苗，就是优于当时美国市场上在售的任何风疹疫苗。

1970年代初，霍斯特曼开始经常、持续地给默克公司的疫苗主管莫里斯·希勒曼打电话，每次说的都一样：普洛特金的RA 27/3疫苗优于默克公司的疫苗。普洛特金的疫苗更好，是因为它对自然风疹感染模仿得更到位。它对自然感染模仿得更到位，是因为它的减毒程度不

及另外两种风疹疫苗。它的减毒程度更低，是因为它只以培养细胞传代了25次。然而，Cendehill疫苗传代了51次；原始的帕克曼-迈耶疫苗传代了77次；默克公司的疫苗传代了82次，它使用的是帕克曼-迈耶的病毒，又以鸭胚细胞多传代了5次。

希勒曼不断接到霍斯特曼的电话。最终他屈服了。

“她给我打了好多电话，我说：‘多萝西，唉，你真的很讨厌。’”希勒曼在三十年后对采访者保罗·奥菲特说，“我说：‘你这样推销RA 27/3，不知道会给科学界，给医学界造成多大伤害。好吧，我觉得我得考虑一下它了。’”[750]

希勒曼可能还受到了《美国医学会杂志》1973年8月号上一篇论文的影响。论文的第一作者是普洛特金，它以普洛特金式的自嘲开篇。

“另一种［风疹］疫苗株可能像在战役结束才到达滑铁卢的内伊元帅。”他在开头写道。（没过多久，普洛特金就得知自己搞错了：在滑铁卢战役中迟到的是格鲁希侯爵。）他承认，4000万美国儿童已经接种过风疹疫苗，但显然不是他研制的那种。不过，他接着摆出了关于自己的疫苗和其他疫苗的一些事实。

普洛特金疫苗的接种者产生的抗体在数量和类型上都与自然感染后产生的抗体极其相似，相似度远高于那些已经上市的疫苗。同样，其疫苗的接种者对再感染有抵抗力，并且这种抵抗力与自然感染后获得的强大抵抗力十分相像。在这个方面，Cendehill疫苗和默克公司Meruvax疫苗的表现与普洛特金疫苗截然不同；这两种疫苗的接种者再感染的比例远高于RA 27/3疫苗。他指出了一个可能的原因：RA 27/3风疹疫苗接种者中有40%，疫苗激发其鼻腔和咽喉的黏膜细胞产生了抗体，而野生风疹病毒就是最先入侵鼻腔和咽喉，在那里增殖，然后再入侵血液。以HPV—77病毒或Cendehill病毒制备的疫苗，没有在接种者的鼻腔和咽喉激发抗体。

普洛特金写道，他的风疹疫苗如今在以色列、爱尔兰、新西兰、南斯拉夫、英国、法国等国家获得了许可。他以其特有的低调语气指出：“现今在美国获批的风疹疫苗令人难以满意……是有原因的。”[751]

对普洛特金而言，1972年是大起大落的一年。5月，其疫苗的专利申请经过美国专利商标局长达四年的多轮审核后，最终通过。希拉里·科普罗夫斯基告诉普洛特金，尽管专利收益归威斯塔研究所，但是

他会将其中15%转给作为该疫苗发明人的普洛特金。当然，这在美国等于零；普洛特金怀疑，他的疫苗可能根本不会在美国获得批准。但是，法国的梅里厄研究所和英国的伯勒斯·惠康公司已经得到了威斯塔研究所的授权，如今正在销售这种疫苗。他将收到一大笔钱，这一点是无疑的。

与此同时，普洛特金的婚姻正在破裂。1972年8月，在满40岁后三个月，他决定离婚。他离开了海伦，10岁的迈克尔和6岁的亚历克与母亲一同生活。他搬进威斯塔研究所附近的一栋高层住宅，在周末去看望孩子。离开两个儿子是他最艰难的一段经历。他说，他觉得在死亡和婚姻之间并没有多少选择。

此后五年，普洛特金的个人生活显著地改善了。他不再感到抑郁，并且开始约会。普洛特金离婚一段时间后，对这类细节很敏感的科普罗夫斯基注意到，普洛特金换了新发型，人也精神起来了。他说普洛特金成了“一个全新的人”。

1976年，普洛特金遇到了苏珊·兰农，一位活泼的医学图书管理员，与他一样都喜爱古典音乐。两人1979年结婚，婚礼地点是威斯塔研究所一楼的解剖学博物馆，而圣坛则是一个装着盆骨的玻璃柜。

在这个时期的一张照片中，普洛特金看上去正像科普罗夫斯基所说的全新的人。他站在费城儿童医院的办公室里——1969年他成为传染病科主任，同时在威斯塔研究所任职——一手插进口袋，一手随意地搭在桌上，姿态大方。他的脸上露出自然的微笑，看上去幸福且放松。

1973年初秋，在他那篇以滑铁卢做比喻的论文发表后不久，就是在这同一间办公室里，他突然接到了默克公司疫苗主管希勒曼的电话。挂断电话后好一会儿，他才完全理解希勒曼的话。几天后，他给海弗利克写了一封信，信的开头是这样的（普洛特金和其他认识希勒曼的人一样，用名字“莫里斯”称呼他）：

1973年10月3日

亲爱的伦纳德：

我写信来是想找你要几样东西，但是首先我要说，我前几天接到了莫里斯·希勒曼打来的电话，他问我默克公司是否可以使用RA 27/3病毒株。不用说，当时我目瞪口呆！……这件事情请你

暂时保密。[752]

普洛特金将希勒曼的请求转告了科普罗夫斯基，因为专利权在威斯塔研究所手里。不久，希勒曼与默克公司一位负责授权事宜的高管同科普罗夫斯基会面了。[753]科普罗夫斯基给他们估算了默克需要支付的专利使用费。经过必要的法律审查后，他们达成了协议，威斯塔研究所将RA 27/3授权给默克公司。希勒曼现在只需要搞到WI—38细胞——最年轻的WI—38细胞，大量的WI—38细胞。所以，希勒曼要做的事显而易见。他给海弗利克打了电话。

1970年代中期，希勒曼得到默克公司的大力支持，对普洛特金以WI—38细胞制备的疫苗进行了所需的全部实验室和人体测试，以便使其通过食品药品监督管理局下属新机构生物制品处的审核，获得许可。到1978年初，他与以宾大医院儿科医生罗伯特·魏贝尔为主的其他科学家，已经在纽约市、费城和哥斯达黎加给近8000名缺乏抗体者注射了普洛特金的RA 27/3疫苗。他们还在小群体的儿童和成年女性中开展了头对头试验，比较RA 27/3疫苗和默克公司的HPV—77鸭胚疫苗。希勒曼将对接种者进行为期两年的观察，之后再公布试验结果，确保普洛特金疫苗的接种者能够长期保持高抗体水平。最终情况也确实如此。[754]

1980年，希勒曼和同事发表论文，称这项研究的结果很明确。与默克公司的HPV—77鸭疫苗相比，普洛特金的疫苗“在更高比例的接种者体内激发了抗体，并且抗体滴度水平明显更高”。98%的普洛特金疫苗接种者产生了抗体，RA 27/3疫苗在他们体内激发的抗体类型与自然感染者体内常见的抗体相同。

几位作者补充道，这种更好的应答“得以实现的同时，临床反应并未明显增加，并且尚无证据表明疫苗病毒具有传染性”。诚然，少数注射过普洛特金疫苗的儿童出现了出疹和淋巴结肿大的症状，而注射默克公司疫苗的儿童出现这些症状的人数更少。但是，几位科学家写道，出现症状的是儿童，因此“并不要紧”。与之相比，在成年女性中，普洛特金疫苗的接种者患关节炎的比例“远低于”默克公司疫苗的接种者。[755]

医生和食品药品监督管理局不需要等到1980年才能看到类似的研究结果。1978年，霍斯特曼和同行发表了那篇花了很长时间才产出的论文；他们在康涅狄格州丹伯里的儿童当中，对普洛特金的疫苗和另外两种已经获批的疫苗进行了头对头研究。这项研究也表明，与默克公司的HPV—77鸭胚疫苗和史克法公司的Cendehill疫苗相比，RA 27/3疫苗产生了更强、更持久的抗体。[756]

1978年9月15日，食品药品监督管理局批准了默克公司基于WI—38细胞的风疹疫苗。[757]默克公司的新疫苗很快成为美国市场上唯一一种风疹疫苗，直至今日也仍然如此。它仅有的一个竞争者Cendehill疫苗，在1979年退出了市场。

在美国以外，全世界大多数地方也都使用普洛特金的RA 27/3风疹疫苗。

第三部分　WI—38细胞战争

第二十章　被残杀的婴儿与天空实验室

加利福尼亚州斯坦福，**1972**年**6**月——**1973**年**9**月

> 一叶肺——好吧，是一对肺。神儿女爱生命组织，还有其他很多人说你必须不停地杀死胎儿。不是这样的。一个胎儿足够好几代人使用。
>
> ——伦纳德·海弗利克，2012年10月3日[758]

1972年6月，密歇根州布赖顿默默无闻的婚姻咨询师小福里斯特·史蒂文森博士出版了一本小册子《女性、〈圣经〉和堕胎》。它将堕胎与共产主义，与希特勒，与选择性地消灭老弱病残联系起来。它的小标题包括“美钞与死婴”和“女性为什么要堕胎？”。

小册子里唯一一段框起来以提请读者注意的文字与“斯坦福大学的伦纳德·海弗利克博士”有关。它解释说：“另一种关乎堕胎的暴行是，如今疫苗是使用堕掉的胎儿生产的。”

这本小册子向读者揭露了海弗利克的动机，即避免在疫苗制备过程中“无意义地屠杀”动物；它还给读者描述了海弗利克的方法：“给婴儿注射活病毒，让他活几个小时，直到体内充满病毒。然后，他们杀死婴儿，抽干他的血，制成血清。”

下面一句加粗印刷：“你孩子的下一针疫苗，可能就来自某个惨遭杀害的婴儿。”[759]

1972年年中的政治环境正使得这条关于海弗利克的“新闻”深入人心。美国最高法院刚就罗诉韦德案这一里程碑式堕胎案的第一轮辩论举行了听证，法官们将在当年10月就该案再次举行听证。秋天，在史蒂文森所在的密歇根州，选民们正准备对一项提案进行投票，该提案拟允许医生应其本人要求为孕20周以内的孕妇堕胎。

那年夏天，史蒂文森的小册子在教会内部流通。面向纽约读者发行的反堕胎出版物《国会区生命线》还收录了它。秋天，海弗利克的邮箱开始不断收到来信。它们来自密歇根州，来自纽约州的特洛伊、埃尔姆赫斯特和布鲁克林。写信者都是女性，用的是优雅的花体字，落款经常署上她们丈夫的名字。一名女性问他是否真的为了制备疫苗，对堕下来的活胎进行活体解剖；问他如何为这种谋杀辩护。另一名女性说自己很“震惊”，因为动物受到的虐待已经很可怕了，人类的遭遇甚至比动物更惨。还有一名女性问是否很快就要轮到老年人为疫苗事业献出身体，还问他有多大年纪。

1972年10月26日，史蒂文森的小册子作为读者来信，发表在《哨兵报》上，因此读者稍多了一些。这份报纸在密歇根州兰斯发行，发行量为3000份。一周后，密歇根州的选民以压倒性多数否决了那项关于堕胎的提案，反对票占61%。[760]

11月末，海弗利克请了詹姆斯·西恩纳帮忙，他是斯坦福大学校长的法律顾问。詹姆斯·西恩纳写信警告史蒂文森，如果他不公开地、大范围地收回言论，将遭到起诉。[761]次年4月，西恩纳收到了史蒂文森签字的言论撤销声明；史蒂文森的律师亚瑟·F.巴基说史蒂文森是“一个热心肠的好人，由衷地关心人类的未来”。就在同一段话中，巴基警告海弗利克和斯坦福不要起诉。如果他们起诉，史蒂文森“会得到密歇根州反堕胎组织的联合保护”。[762]

几家报纸选摘了言论撤销声明的一些部分。声明如下：

1973年4月7日

亲爱的海弗利克博士：

此前，我发表和传播过一份声明，指控斯坦福大学用堕下来的活胎生产疫苗……我现在知道，斯坦福大学没有这种行为，您也没有说过这样的话。我现在知道，这些疫苗是用由一种细胞株构成的培养基生产出来的，细胞株最初取自一名女性胎儿的肺，这名4个月大的胎儿是在1962年通过堕胎手术得到的，而您是这种疫苗制备技术的创始人。我的错误表述给您和斯坦福大学造成了困扰，我对此表示歉意。我向您保证，我已经停止发表错误言论，以后也不会再发表。

小福里斯特·C.史蒂文森谨启[763]

1973年1月，就在史蒂文森写这份言论撤销声明之前不久，美国最高法院就罗诉韦德案作出了重要裁决，将妊娠首三月堕胎合法化，而对从妊娠中三月到胎儿能够在宫外拥有有意义生命的这段时间，允许各州制定堕胎管理法规，但必须以“合理”保护母亲生命及健康为前提。

随着最高法院这项裁决的巨大影响在全美传播，每隔一两个月都会出现对残杀婴儿的指控，通常的形式是，报刊登出了地方性反堕胎组织所写的读者来信，这些报刊包括：密歇根州马凯特的《采矿日报》、纽约州阿尔塔蒙特的《阿尔塔蒙特企业周报》、俄勒冈州赫普纳的《时报》，以及位于田纳西州皮金福奇的《美国方式特写：一份专注于上帝、真理、自由、道德、资本主义和宪政政府的平衡、独特和省时的新闻媒体社论周报》。

海弗利克以其一贯的不屈不挠作风进行反击，每一家报刊，就算再小，他都要联系到，寄去史蒂文森的言论撤销声明，坚持让报刊更正。他那个贴着“史蒂文森”标签的马尼拉纸文件夹足有一英寸厚。

1973年7月20日

帕塞伊克县生命权组织内部通讯《生命线》

P—48邮箱

新泽西州克利夫顿，07011

先生们：

我最近注意到，你们在内部通讯《生命线》1973年4/5月号，即第1卷第3期转载了一段关于我研究活动的极其恶毒的谎言……我十分遗憾你们在见刊前没有对其真实性作出明智判断。

如果你们曾尝试辨别，就会知道这种污蔑言论的罪魁祸首已经完全撤销了其杜撰、又被你们转载的骇人指控。随信附上一份其言论撤销声明，供你们参阅。

鉴于你们深切关注公平、诚实、正义和无辜者的生命权，我敦促你们刊出这份言论撤销声明，为受到你们不公正伤害的人与

机构正名。

请寄给我一份刊出该言论撤销声明当期的《生命线》，我将十分感谢。

伦纳德·海弗利克博士、教授谨启[764]

记录显示，他并未收到任何回应。

在海弗利克扑灭史蒂文森点燃的山火时，一名反堕胎人士拉拢了罗马天主教会来抗议使用WI—38细胞。1973年5月2日，加利福尼亚州圣迭戈县北部福尔布鲁克社区的居民詹姆斯·安布罗斯细读了合众国际社在《洛杉矶时报》上发表的一篇文章。作者从斯坦福报道说："人类活细胞将在外太空的天空实验室里绕轨道28天，以研究长时间失重的影响。"[765]

这篇文章没有说明使用的是WI—38细胞。实际上，美国航空航天局选中、海弗利克勇于提供去参加即将在美国首个实验空间站天空实验室进行的零重力实验的，就是WI—38细胞。不过，这篇文章引用了海弗利克的话："这标志着科学家首次能够评估长时间太空飞行在细胞层面上的影响。"

疑心很重的安布罗斯拿出打字机，写信给旧金山大主教约瑟夫·T.麦吉肯，他的教区包括斯坦福。安布罗斯请求麦吉肯去"深入调查"一下。他承认，文章确实没有提及人类胎儿或胚胎，但是他写道："缄默可能意味深长。因此，我质疑这项实验的道德性，请阁下斟酌并采取可能的行动。"[766]

安布罗斯并没有从麦吉肯那里得到想要的回复。麦吉肯是一位自由主义者，他支持塞萨尔·查韦斯将农场工人组织起来，并公开反对反住房公平的14号提案，他显然不太可能给WI—38细胞的科学用途找麻烦。麦吉肯先写信给海弗利克询问真相，立即就得到了答复。他在另一封信中感谢海弗利克，说他相信安布罗斯会满意海弗利克的解释，即那次堕胎发生在很久以前，发生在很远的地方。

然而，这类事情并未就此结束。海弗利克回忆，1973年7月28日，周日，早晨他正在斯坦福大学校园里的家中办公，突然接到美国航空航天局一位医学高层打来的电话。[767]第二次前往天空实验室的载人火箭刚从卡纳维拉尔角发射。火箭上有三名宇航员以及一批实验材料，其中包括WI—38细胞。美国航空航天局的这位科学家告诉海

弗利克，他正在应对记者们的提问，这些问题是由反堕胎人士引发的，他们抗议“土星1B”火箭搭载WI—38细胞前往空间站。他需要关于WI—38细胞来源的信息。

海弗利克感觉这已经是一个熟悉的例行程序。他解释说，细胞来自一个胎儿的肺，这名胎儿是十年前在瑞典合法堕下的。那位高层说他会把信息告诉记者。后来，海弗利克再也没有从他那里得到什么消息。

天空实验室的这项研究，即美国航空航天局的SO15号实验，继续进行。细胞装在一个笨重、密封的黑盒里，盒上有几个白色旋钮。这台设备叫“伍德朗漫游者9号”（Woodlawn Wanderer Nine），是一个全自动微型实验室。在为期59天的航天任务中，细胞会在其中微型舱的玻璃上生长，它们浸泡在培养基中，温度始终保持在舒适的96.8℉。每隔12小时，一台机动泵就会注入新鲜的培养基，同时排出使用过的培养基。几台微型显微镜对准细胞，每隔3.2分钟拍摄一次照片，科学家可以通过胶卷研究细胞的增殖速度，以及其他方面的特性。与此同时，以同样的频率为地球上的控制组WI—38细胞拍摄照片。最终，美国航空航天局团队发现地球上和太空中的两组WI—38细胞没有区别：它们的分裂次数、生长曲线、染色体，以及外观都仍然相同。[768]

“零重力实验没有对WI—38细胞产生任何可察觉的影响。”实验论文得出的结论有些令人扫兴。这项研究拍摄出了一些漂亮的电子显微照片，在1974年的一场天空实验室研讨会上发布。其中有一张特写：一个准备分裂的WI—38细胞呈长缕状。在缕状物顶端，边缘已经略圆，这是细胞分裂时特有的胞质小泡。照片背景深黑，上面只有零星的亮点，形状古怪的长缕状物看上去像一个陌生的外星物体。实际上，它是X太太未出世胎儿的一个细胞，正在离地270英里的太空做858次绕地飞行，而海弗利克、普洛特金、科普罗夫斯基、X太太，以及无数患先天性风疹的婴儿和儿童就生活在那颗奇异的星球之上。

婚姻咨询师福里斯特·史蒂文森的言论撤销声明并没有让海弗利克的许多批评者平静下来。这可以很清楚地从他们的回应看出来。比如，来自纽约特洛伊的批评者雷蒙德·萨默维尔太太在收到海弗利克寄去的言论撤销声明后，回复说她看不出WI—38细胞的真实制备情况和史蒂文森小册子上的描述有什么区别。她写道，那名未出生的孩子“没有自卫能力”，没法给出知情同意。[769]

海弗利克与其对手之间存在着无法逾越的观念鸿沟，他们对胎儿的道德状况理解不同。

当年夏天，史蒂文森的追随者们偃旗息鼓了。在罗诉韦德案判决后，反堕胎人士或许有了更重大的关切。要等到新千年到来，反对WI—38细胞的宗教声音才会再次响起。那时，其组织者会更加老练。

第二十一章　细胞公司

加利福尼亚州斯坦福，**1971—1975**年

> 我坚信自己没做错。以我的性格，我绝对不会让人相信我会偷东西。
>
> ——伦纳德·海弗利克，2012年10月16日[770]

1970年代，生物学即将发生重大变化。医学科学家作为无私的、领薪水的公务员的日子一去不返，生物学将走上商业化之路。从1980年开始，新的法律和法院裁决允许生物学家通过他们的发明获得大笔收益。这些变化模糊了商业和生物学之间曾经神圣的界限，到1980年代初，一些生物学家已经因此富有。海弗利克像一位过于心急的客人，他会发现自己来得有些太早了。

1971年2月，海弗利克又迈出了决定性的一步，这条道路他于1968年就已经踏上了，当时他将WI—38细胞打包装进自家的轿车，穿过美国，从威斯塔研究所来到斯坦福大学。就像最终将人们引至不利境地的许多道路一样，海弗利克的道路也是由许多重要但不显眼的选择，而不是由一个重大的戏剧性抉择时刻铺就的。然而，对海弗利克这样名声越来越大的人来说，这条道路通往一个近乎无法想象的地方。

那年2月，海弗利克在帕洛阿尔托的大西部储蓄和贷款协会开户。他将这个账户命名为“细胞培养基金”。在来到斯坦福大学的前三年，直到此时开户，海弗利克都将收取的WI—38细胞制备和寄送费用存在斯坦福大学的一个账户上。（他后来告诉国家卫生研究院的调查人员，他放弃使用斯坦福的账户是因为它不计利息。）[771]不过，给研究细胞老化的科学家寄送WI—38细胞例外。相关的寄送费用由国家卫生研究院依据1969年与他签订的合同支付，这份合同仍然有效，所以他不收钱。

海弗利克说，在带着世界上大多数最年轻的WI—38细胞离开威斯塔研究所时，他本打算请合适的律师来确定细胞的归属权。[772]

他认为细胞的归属权存在争议。然而，1962年那份最初的合同委

托他制备WI—38细胞，并约定在合同终止时，即1968年，根据合同研发出的相关材料归政府所有。即使海弗利克注意到了这个规定，他也选择了无视它。[773]

还有，1968年1月在威斯塔研究所那场会议上形成的行动计划规定，几乎所有的安瓿都要转交给美国典型培养物保藏中心，由保藏中心代国家卫生研究院保管。好吧，海弗利克确实参加了那场会议，但是他心里是不情愿去的。[774]

在接下来的三年里，从1971年2月至1974年3月，海弗利克往大西部储蓄和贷款协会的细胞培养基金账户上存入了从非细胞老化领域的科学家那里收到的13349.84美元。[775]从1972年开始，他还提高了收费。他说，这次涨价参照的是美国典型培养物保藏中心的收费标准。[776]非营利性的美国典型培养物保藏中心是美国顶级的细胞库，它的收费水平可以视为一项标准。但是，海弗利克不断地涨价；到1974年8月，他针对学术界科学家的收费涨到了每份细胞35美元，几乎是保藏中心收费的2倍，而针对商业公司的收费则是250美元，是保藏中心收费标准的8倍多。[777]

1974年3月12日，他关闭了资金额超过1.3万美元的细胞培养基金。一周后，3月19日，他在加利福尼亚注册成立细胞联合公司，他本人及妻子露丝是仅有的股东。[778]海弗利克以公司的名义在大西部储蓄和贷款协会开立了企业账户，从1974年4月开始，将收到的WI—38制备和寄送费用存到这个账户里。他说这些钱他分文未花，还说他只是在等待机会，请律师来解决这些钱的归属，解决WI—38细胞的归属。

但是，海弗利克没有抽出时间来请律师；他太忙了。1974年夏，他已经在斯坦福大学工作六年，成为一名重要的教职工。他在1961年与穆尔黑德合作发表的那篇描述海弗利克极限的论文，平均每年被其他科学家引用60次——与大多数论文相比，这是一个很大的数字——海弗利克的影响力也在相应地增大。位于医学微生物学系教学楼后面停车场上的实验室里一片繁忙的景象。他指导研究生、技术员和博士后，经常出差，担任国家卫生研究院几个资助项目和合同的主要研究人员，这些项目和合同在1968至1975年给斯坦福带来了200万美元资金（大约相当于2016年的1000万美元）。在他家中，最小的孩子安妮差不多9岁了，最大的乔尔正准备到斯坦福大学读书。

1974年夏末，在繁忙的日程之中，海弗利克收到了来自国家卫生研究院的一份邀请。由于学界对细胞老化研究兴趣激增，国家卫生研究院在筹建国家老化研究所。海弗利克是否考虑接受面谈，去担任所

长？

今天，雄心勃勃的生物学家经常与企业合作，将他们的发明商业化。他们与风投资本家来往密切，并作为企业的科学顾问发表意见。他们被视为成功的典范，备受羡慕，而非嘲笑。他们任职的大学也赞许他们，竭尽所能帮助他们实现商业化。

因此，我们现在很难明白，海弗利克在1974年创立公司是多么激进、多么离经叛道。当时，科学家们将生物学看作目的本身；他们追求的是知识，或许还有荣耀，并不将生物学视为商业活动。至少从1923年以来情况就是如此。那一年，加拿大人弗雷德里克·班廷和查尔斯·贝斯特将他们的发明，第一种“生物科技”产品，即提取自动物的胰岛素，出售给多伦多大学理事会，以便让胰岛素投入生产，供给需要它的人，而他们每人从这项专利权转让中获得的收益是一美元。[779]1955年，知名广播记者爱德华·R.默罗问世界上第一种脊髓灰质炎疫苗的专利权属于谁时，它的发明人乔纳斯·索尔克作出了著名的回答：“没有什么专利。你能够为太阳申请专利吗？”[780]

1953年，《科学》刊出了弗雷德里克·J.哈米特的一封来信，真诚的作者描写了这种道德标准，描写了对生物学家的期待。他说，“真正的”科学家

> 并不完全关注工作时长、薪水、荣誉或财富。对他们而言，一份薪水如果能够提供体面而不炫耀的生活就足够了。真正的科学家不会想要更多，因为财富会让他无法专心从事挚爱的工作。[781]

在海弗利克创立细胞联合公司时，这种态度几乎没有变化，但这并没有阻止他。

海弗利克说，他创立公司并不是为了投机挣钱，而仅仅是为了获得税收优惠：注册公司可以让他为那笔不断增多的资金少缴一些税。[782]（他注册公司时手里有13350美元，相当于2016年的65000美元还要多。）[783]但是，创立公司后不久，海弗利克就表现得像一位企业家了。他曾在1962年给位于伦敦的医学研究委员会寄去100瓶最年轻的WI—38细胞，现在他要求这家机构的人未经他允许不得分发WI—38细胞。[784]另外，多年以来，都是商界和学界的科学家在需要WI—38细胞时来找他，而现在他却开始去工业界寻找买主。对于这些公司，他摒弃了仅收取细胞制备和寄送费用的做法。他开始光明正大地卖细胞，公司成立后十四个月收入就达到了47543.38美元（相当于2016年的209000美元）。[785]

1974年6月，他写信给法国的梅里厄研究所，这家机构正在使用WI—38细胞生产普洛特金的RA 27/3风疹疫苗。他宣布“最近决定，使用WI—38细胞从事研究、开发和生产的机构必须签订供应协议”。海弗利克还补充说，他不希望WI—38细胞的定价令人望而却步，所以请梅里厄研究所看看什么价格合适。[786]当年8月，他用印着细胞联合公司抬头的信纸，写信给萨格勒布的免疫学研究院的院长德拉戈·伊基克。德拉戈·伊基克少言寡语但富有决心，他推动了南斯拉夫在1968年成为首个批准WI—38细胞疫苗——一种脊髓灰质炎疫苗——的国家。海弗利克现在告诉他，将以每份1500美元的价格供应年轻的原代WI—38细胞。“我们目前正在向几家脊髓灰质炎疫苗生产商供应群体倍增数为9或10的原代WI—38细胞。”他在信中写道。[787]后来他给南斯拉夫的这家机构寄去了两份原代细胞，收到了3000美元。[788]

他联系了位于纽约的辉瑞公司——这家公司生产基于WI—38细胞的脊髓灰质炎疫苗Diplovax，问他们是否想购买大量WI—38细胞。辉瑞回复说不感兴趣，这或许是因为莱德利实验室正将他们排挤出美国脊髓灰质炎疫苗市场。[789]但是，另一家美国疫苗生产商十分感兴趣。海弗利克说，1974年7月中旬或之后不久，默克公司的疫苗主管希勒曼给他打来电话。

希勒曼对获得充足的年轻WI—38细胞供应怀着强烈的兴趣，因为九个月前多萝西·霍斯特曼最终说服这个倔强的蒙大拿州人，放弃默克公司的HPV—77鸭胚疫苗，转而支持普洛特金以WI—38细胞制备的RA 27/3疫苗。海弗利克记得，希勒曼在电话中告诉他，默克公司的律师唐纳德·S.布鲁克斯已经确定了海弗利克拥有WI—38细胞。海弗利克说，除此之外，希勒曼还告诉他，国家卫生研究院负责合作研究的副院长利昂·雅各布斯已经向默克公司确认海弗利克拥有那些细胞。（雅各布斯强烈否认说过这话。[790]后来，默克公司告诉国家卫生研究院的调查人员，在海弗利克——而非默克公司——证实他拥有那些细胞，并且证实他的说法获得了国家卫生研究院的认可前，他们不会推进与海弗利克的合同。）[791]现在，希勒曼想购买海弗利克能够提供的最年轻的WI—38细胞。

海弗利克印象很深刻。“我不用告诉你［希勒曼的信息］多有说服力，”他在2013年的一次采访中说，“我是在和业界巨人对话。这个人不想拿他的副总裁职位来冒险，也不想败坏默克公司的名声。这些都至关重要。所以，他肯定没有骗我。［默克公司的］这位律师是否解释错了，那又是另一个问题。他有可能犯错吗？当然。但是，我根据我得到的信息行动了。”[792]

1974年10月23日，海弗利克与默克公司签订了合同。在这份合同中，他宣称细胞联合公司已经取得了全部几百瓶年轻WI—38细胞的所有权——它们是海弗利克从威斯塔研究所地下室带出来的，并且他之前对这些细胞拥有完全权利和所有权。[793]合同中写道，海弗利克作为细胞联合公司的总裁，同意将100支群体倍增数为9的WI—38细胞安瓿、50支群体倍增数为10的安瓿交付默克公司。每支安瓿里都有数百万个可以再倍增几十次的细胞。默克公司可以每次解冻、增殖一瓶，那样直到希勒曼的玄孙入土，它们都用不完。实际上，这份合同确保了默克公司拥有无穷无尽的WI—38细胞供应。

根据这份合同，默克公司同意向细胞联合公司支付费用，倍增数为9的细胞每瓶5000美元，倍增数为10的细胞每瓶2500美元。海弗利克还给予默克公司权利，可以优先再购买100瓶年轻细胞。一开始，这份合同可以带来62.5万美元。充分执行后，它将价值100万美元，相当于2016年的480万美元。

从1974年春开始，海弗利克向多家公司出售WI—38细胞。这种做法越界了，会让他以后很难为自己辩解。如果他只是继续向生物学家提供细胞，仅收取制备和寄送费用，那么即使他对国家卫生研究院在1968年作出的决定——这些年轻的WI—38细胞应由美国典型培养物保藏中心保管，他人不得再解冻和分发——嗤之以鼻，他或许还可以说自己只不过是一名负责任的保管人。他后来给自己辩护的论据都是真实的：国家卫生研究院的工作人员在1968年几乎立即就知道他把细胞带去了斯坦福，但是没有追着他取回细胞；他在向科学家，包括向国家卫生研究院的科学家寄送细胞时公开收取费用多年，而国家卫生研究院完全没有吱声；他在向国家卫生研究院的项目专员唐纳德·墨菲——他负责监督执行那项让海弗利克给细胞老化研究人员免费提供细胞的合同——提交的进程报告中，汇报了他在“合同之外”分发WI—38细胞的事情。[794]

但是，他在十四个月内通过细胞联合公司出售WI—38细胞，从多家公司共收取超过4.7万美元，还和默克公司签订了价值可高达100万美元的惊人合同。与这些事情一起看，他的那些论据就无法减轻公众损害。通过出售细胞积累起一笔钱，还与默克公司签订合同，这些事实公开后，他的问题成了政治的、个人的灾难。

讽刺的是，就在海弗利克通过创立细胞联合公司反抗生物学家的行为准则时，在斯坦福大学校园内离海弗利克几百码远的医学系，有人正准备申请首批极为重要的生物技术专利——它们将创造出一些非常富有的学术科学家。在那里，热忱的39岁医学副教授斯坦利·科恩承受着尼尔斯·赖默斯施加的压力。尼尔斯·赖默斯是斯坦福大学才成立

不久的技术授权办公室的主任，很有远见。

1960年代末至1970年代初，政府对医学研究的资助在经过二十五年的惊人增长后放缓，斯坦福大学也像其他大学一样，不得不想办法解决这个问题。其中一个结果是，在尝试将其科学家的发明商业化方面，斯坦福大学不再那么消极了。赖默斯毕业于斯坦福大学工程专业，有电子工业方面的经验，他是斯坦福大学作出这项努力的证明。

1974年春，赖默斯迫切说服科恩提交一项专利申请。科恩是一篇发表于1973年11月的重要论文的第一作者。[795]他对这篇论文很自豪，因为它推出了一项可用性很强、几乎所有实验室都能使用的新技术，而这显然会为生物学作出巨大贡献。科恩与他的合作者成功地将来自不同生物源的基因剪接到环状的、称作质粒的细菌DNA中。细菌被插入质粒后，能够合成由这些基因编码的蛋白质。很快，这项发明被称为重组DNA技术，它将开创生物技术工业，带来人胰岛素、心脏病患者所需的消栓药之类的产品。

但是，科恩没有想过为这项基因剪接技术申请专利。然而，在这篇令人激动的论文发表六个月后，斯坦福大学的技术转化主管赖默斯就知道了它，因为斯坦福大学的新闻主管鲍勃·拜尔斯给他看了一篇《纽约时报》的相关报道。[796]专利申请的窗口期即将结束；必须在1974年11月之前，也就是在科恩公开发表这项发现后一年内提交申请。

赖默斯回忆说，科恩是一个很难动员的人。赖默斯首次接触他时，他说自己对为这项新技术申请专利不感兴趣。他认为自己的发明应该在学术界广泛传播，不应该受商业限制。赖默斯回忆说，他辩称专利保护可以吸引想获得这项技术授权、以其研制某些药物的公司，而如果没有专利保护，这些药物可能无法研制出来，比如说青霉素，由于缺乏专利保护，它的商业化生产耽搁了十一年。听了这话，既是医生又是科学家的科恩才默许了。[797]最终，他及时提交了专利申请。

科恩的态度在那个时代是典型。[798]人们不把生物学视作商业投资，大多数生物学家都会对想这样做的同行抱持怀疑态度。1976年，科恩在这项革命性发现中的平等合作者就是吃过一番苦头才明白了这一点。加利福尼亚大学旧金山分校的生物学家赫伯特·博耶是那篇重组DNA论文的核心作者。他与年轻的风投资本家罗伯特·斯旺森合作，两人以1000美元创建了基因泰克公司，开发他参与发明的那项基因剪接技术。赫伯特·博耶因此遭到了学术界同行的强烈批评。

博耶后来回忆说：“他们那样攻击我，我感觉自己就像一名罪犯。”[799]

海弗利克的许多同事在得知他的做法后，也有同样的反应。“在当时的环境里，你靠政府的支持做研究，研究成果就是公版的。伦纳德出售细胞的事情爆出来后，许多人都很惊讶。”克里斯托法洛说。[800]他是海弗利克在威斯塔研究所的同事，科普罗夫斯基曾经派他去斯坦福从海弗利克那里取回细胞。

然而，海弗利克丝毫不觉得自己像罪犯。他仍旧认为自己是在为同行提供宝贵的服务——确实如此——也为企业，而换取的显然是WI—38细胞的合理市场价值。如果WI—38细胞没有那么高的价值，关心盈利的疫苗公司不会为了那些小瓶子支付他数万美元。

但是，博耶和海弗利克的业务之间存在很大区别。博耶是专利的发明人之一；与WI—38细胞不同，科恩和博耶的基因剪接技术可以申请专利，因为它是方法，而不是生物。另外，科恩和博耶已经将他们作为发明人的权利转让给了各自的大学，大学将是任何所得专利的拥有者。他们个人最后会得到多少份额的专利使用费由他们的大学决定，而这是符合斯坦福大学专利使用费分配政策的光明正大的收入。与之相反，海弗利克是在销售无专利的WI—38细胞，而这些细胞是国家卫生研究院依据合同付钱请他研制的，合同还明确规定，合同终止时细胞应转交给政府。他更像种马场雇来的养马人——收取客户的钱来培育一匹世界级赛马的种马。培育出这匹珍贵的种马后，养马人却带着种马搬到国家的另一边，开始将种马的后代出售给富有的赛马主人，辩称这匹珍贵种马的所有权不清晰，他将保存销售收入，直到律师厘清所有权问题。

1974年10月17日，海弗利克受国家卫生研究院邀请，在马里兰州贝塞斯达度过了一天，参加了一系列关于新成立的国家老化研究所所长职位的初步讨论。他听了副所长罗纳德·拉蒙-哈弗斯的介绍，这位医生戴着角质黑框眼镜，长着双下巴，患有关节炎；在国家卫生研究院院长办公室里与职员交谈；然后一边吃自带午餐，一边与新所长遴选委员会长谈。[801]

海弗利克后来坚称，那天与拉蒙-哈弗斯谈话时他提起了WI—38细胞所有权的问题，要求拉蒙-哈弗斯请律师来确权。[802]拉蒙-哈弗斯也同样强烈地坚称，海弗利克没有提出过这样的要求。[803]国家卫生研究院认为，可以推测，海弗利克当时并未坦陈他将细胞卖给多家公司，后来国家卫生研究院最高层是近乎偶然才得知此事的。

1975年5月15日，周四，国家卫生研究院的中层唐纳德·墨菲正在位于新泽西州卡姆登的细胞存储机构科里尔医学研究所开会，他曾与海弗利克签订那份给老化研究人员提供WI—38细胞的合同，正在监督其执行。他得知了一些烦心的消息。[804]

墨菲曾在海军服役，是一位拥有博士学位的海洋生物学家。他在夏威夷长大，于1967年到国家卫生研究院做资助项目管理。海弗利克喜欢他，觉得他既是同行，也是朋友。国家卫生研究院计划在7月1日宣布国家老化研究所成立，墨菲一直在与海弗利克联系，告知他研究所雇员招聘的最新情况，说自己担心关键职位人选在所长——应该就是海弗利克——履职前就确定下来。[805]

现在，在卡姆登的会议上，有人告诉墨菲，海弗利克正在向企业出售WI—38细胞，价格是年轻的细胞每瓶5000美元、较老的细胞每瓶2500美元。墨菲很震惊。他联系到一家企业，得知他们最近才以2500美元每瓶的价格购买了几瓶较老的细胞。[806]

随后，墨菲给海弗利克打了电话，确认他听说的事情属实，即海弗利克在通过细胞联合公司出售那些细胞。墨菲马上匆匆安排了一场电话会议，参会者有托马斯·马龙，国家卫生研究院负责机构外研究的副主任，还有拉蒙-哈弗斯，他在国家卫生研究院院长空缺的几个月里，担任代理院长。这件事非常紧急，因为第二天，即5月16日周五，原定要对海弗利克进行最后一轮面谈，聘请他担任国家老化研究所所长。[807]

第二天，最先与海弗利克会面的是国家卫生研究院即将上任的院长唐纳德·弗雷德里克森。他是国家卫生研究院的老兵了，曾是心脏研究所的所长，现在正要结束在医学研究所的一年所长任期，去执掌国家卫生研究院。因此，海弗利克与弗雷德里克森在医学研究所的所在地，位于华盛顿广场的宏伟的国家科学院大楼会面，之后弗雷德里克森驾车带海弗利克去十一英里外位于贝塞斯达的国家卫生研究院。海弗利克记得，在路上弗雷德里克森转头对他说："我听说你有麻烦了。"[808]

弗雷德里克森送他到国家卫生研究院，他在那里继续参加了一轮有其他高层参加的面试。其中一名面试官是在前一天下午匆忙安排进来的。那周五午餐之前，代理院长拉蒙-哈弗斯与海弗利克会面。拉蒙-哈弗斯在一年后回忆，他当时告诉海弗利克工作要约很有把握，"只要能解决好可能由出售WI—38细胞引发的利益冲突"。[809]

拉蒙-哈弗斯已经决定让谁去调查海弗利克与WI—38细胞有关的

活动。这个人不是学习知识产权法出身的律师，而是国家卫生研究院内部审计部门的主任詹姆斯·W.施赖弗。这个部门叫管理调查与审查部，负责中立地评估国家卫生研究院的管理实践，发现并纠正项目拨款滥用与利益冲突。在这方面，管理调查与审查部与美国司法部、联邦调查局合作密切。[810]

国家卫生研究院在1963年聘请施赖弗负责新成立的审计部门。[811]施赖弗1999年去世，他出生于华盛顿州卡莱尔，这座小镇位于奥林匹克半岛，它太小了，甚至今天都很难在地图上找到它。他1939年从俄勒冈大学获得商业管理学士学位，1945年进入美国政府工作，在多个内部审计岗位上工作过，职位不断升高。在入职国家卫生研究院前，他刚为美国陆军审计局和美国农业部工作过，职责包括调查食物券欺诈。随着时间的推移，国家卫生研究院里的举报人都去找施赖弗，遇到棘手问题的主任、主管们也会去找他。（1971年，在罗德里克·默里和生物制品标准部受到参议员亚伯拉罕·里比科夫责难时，时任国家卫生研究院院长的罗伯特·马斯顿就让施赖弗去调查。）[812]

在存档的内部报纸《国家卫生研究院纪事报》上，偶尔有几张严肃的照片，施赖弗看上去正在全心工作。他长着一张方脸和双下巴，在1980年退休时已一头白发。《纽约时报》后来在报道中说他“因为正直公正而广受尊敬”。[813]1972年，国家卫生研究院的上级机构卫生、教育和福利部给他颁发了杰出服务奖，“赞赏他高度的职业水准和领导能力”。理查德·杜加斯曾做过施赖弗的下属，并且与他一同飞往加利福尼亚调查海弗利克，他回忆说施赖弗是“那种一走进房间你就知道他是领导的人”。[814]

1976年，时任《科学》期刊记者的尼古拉斯·韦德采访施赖弗。韦德回忆说，施赖弗是“特别典型的会计。像一位祖父，很慢很耐心，但是特别坚定……他把这件事归为会计问题。那些［WI—38］小瓶是珍贵资产，他要负责搞清楚它们的情况”。[815]

1968年夏，海弗利克的实验室技术员主管——高个子、讨人喜欢的南希·普雷贝尔决定跟着老板离开费城去斯坦福，她告别了自己的那一点生活，包括她才丧偶不久的父亲和她所有的朋友。但是，尽管在地理上跨越了这么远，尽管她和老板那年夏天面对的是一个空荡荡的实验室，她还是很快明白自己的决定是正确的。

对她而言，海弗利克的实验室仍然是一个工作的好地方。她的工作很重要。她在为宏大的事业做贡献，而且这些事业还越来越大：海弗利克博士富有进取心，一直乐于多带一名研究生，多申请一个资助项目，多出差去参加一场学术会议。她和老板的工作关系也特别好。

他为人得体，尽管话不多，但是交流顺畅。他很清楚地说明自己的期望，甚至记录来电留言的正确方式也说得明明白白。他生气时从不吼叫。他会指明问题出在哪儿，并说清楚该如何解决才能避免再出问题。她觉得海弗利克向来表里如一；她无法想象他会欺骗别人。[816]

因此，1975年5月底，当海弗利克向她和其他员工解释说，国家卫生研究院的调查人员会来实验室调查合同管理的相关事项时，普雷贝尔并不担心。项目专员唐纳德·墨菲会与调查人员一起来。普雷贝尔和其他工作人员要全面配合，回答调查人员的所有问题，提供他们需要的任何材料。

第一次见到施赖弗时，普雷贝尔觉得他像企业的办公人员。他穿着西装，个子很高，走路说话都是那种做派。与他同来的两位同事也穿着西装。37岁的理查德·杜加斯脾气随和，高中时是足球运动员，自称“居家男人”，他在家乡罗德岛上的普罗维登斯学院获得经济学学士学位，1966年被施赖弗聘用。克里斯·柯廷50岁出头，秃头，身材修长，衣冠楚楚，他在位于华盛顿特区的本杰明·富兰克林大学学过两年会计，透着一股冷幽默，但是对工作很焦虑——他担心自己工作失误会造成损失，会影响别人的声誉。施赖弗在农业部工作时是柯廷的上级，后来将他聘到了国家卫生研究院。[817]

在接下来的三天里，施赖弗、杜加斯和柯廷与海弗利克长谈，检查了海弗利克的实验室。次月，他们回到海弗利克的实验室，又待了三天，搜查冷柜，清点安瓿的数量，认真审查细胞联合公司的发票和银行对账单。[818]施赖弗还问询了海弗利克的技术员，在后者看来他的问题无穷无尽。它们让普雷贝尔感到担心，原因有两个。首先，它们体现了对实验室运作方式和细胞培养的不了解。例如，施赖弗发现几支WI—38细胞安瓿平放在液氮冷柜底部，而不是插在那些长长的、笨重的冻存杆里。（冻存杆是一根长而直的金属杆，上面有多个用来卡住安瓿的槽。）

安瓿平放在冷柜底部的原因很简单。在从液氮冷柜中取出安瓿时，它们偶尔会掉到冷柜底部。这没有什么可惊讶的，因为要取出安瓿，技术员必须戴上焊工那样的面罩，以防安瓿炸裂，还要戴上灰色的大绝缘手套，然后迎着扑面而来的液氮蒸气望向冷柜里面，用镊子从冻存杆上取下安瓿。这项操作并不简单，所以在安瓿偶尔掉落时，最方便的做法就是让它留在底部，重新取一支。掉落的安瓿可以在未来抽干冷柜里的液氮时取回。现在，冷柜里的液氮抽干了，施赖弗看到了底部散落的安瓿。普雷贝尔在2013年接受采访时回忆，当时施赖弗问道：“这些是故意藏起来的吗？”[819]

随着调查推进，施赖弗的问题越发带着敌对的意味。普雷贝尔觉得，他是在寻找一样他还没找到的东西，而且他越来越相信普雷贝尔和实验室的其他工作人员把这样东西藏起来了。“他想像律师那样给我们施压，让我们说出我们并不知道的事情。他越来越懊恼，”普雷贝尔回忆道，“他似乎不相信我们说的话。”

普雷贝尔推测，施赖弗到实验室来的时候，已经先入为主地认为WI—38安瓿的数目是清清楚楚的，他能够追溯到每一支安瓿。然而，他却发现海弗利克的账目并不清晰，他没有办法追溯，最后只能咬牙切齿，懊恼不已。

普雷贝尔回忆说，施赖弗曾告诉她，如果他的团队得不到他们此行想要得到的信息，参议院可能会来调查，实验室的工作人员就需要去华盛顿作证。普雷贝尔没被吓倒。她觉得自己没有任何事情需要隐瞒。

她还觉得施赖弗打扰了大家；他在实验室里随意走动，拿起各种东西，问这问那。工作人员没法制订计划，不知道自己什么时候会被打断，还担心无菌环境遭到破坏，都变得沮丧了。最后，普雷贝尔要求与国家卫生研究院的项目专员墨菲私下见面。他们在斯坦福大学棕榈大道附近的假日酒店大厅里相见。（普雷贝尔还清晰地记得那里的环境，因为大厅外面就是酒店游泳池，在她和墨菲谈话时，一个男人游完晨泳，赤身裸体地走出来。）她拜托墨菲请施赖弗收敛一些。情况有所好转。然后，就像他们突然到来那样，国家卫生研究院的调查人员突然又走了。

1975年5月末首次接受施赖弗谈话后，海弗利克坐上飞机，去加拿大蒙特利尔的伊丽莎白女王酒店，参加组织培养协会的第26届年会。他随身带着两支安瓿，瓶里装着培养的WI—38细胞，这是一些群体倍增数为10的年轻细胞。在蒙特利尔，他将这两支安瓿交给了多伦多康诺特实验室有限公司的人员，这家公司是加拿大的主要疫苗生产商。他们最近从威斯塔研究所获得了普洛特金风疹疫苗的授权，要确保拥有生产疫苗所需的WI—38细胞。[820]康诺特公司同意向海弗利克支付5000美元，购买这两份细胞。[821]

政府的调查人员正在他的实验室里搜查，海弗利克却仍然在出售细胞，这证明他要么天真，要么固执——要么是他对这家公司有一种责任感；至少有一个可能是，会议之前几周他就确定了要出售细胞给这家公司，那时施赖弗的调查还未开始。无论动机是什么，海弗利克都没有从康诺特公司那里收到5000美元，而那两份细胞则是他最后一次以细胞联合公司的名义送出的细胞。几个月后，加拿大的公司问他

为什么没有发来账单，他回答说没有时间。[822]

就在海弗利克在蒙特利尔送出细胞的当天，他给国家卫生研究院的代理院长拉蒙-哈弗斯打了电话，说他放弃应聘国家老化研究所的所长职位。[823]海弗利克知道自己遇上了麻烦，但是还不知道麻烦有多大。

根据施赖弗的记录，海弗利克在1975年第一次与他面谈时说，他希望那次调查能够在不与斯坦福大学工作人员讨论的情况下解决。施赖弗说这应该能做到。[824]但是，在咨询过国家卫生研究院的高层后，他改变了主意。[825]

1974年6月17日，施赖弗与克莱顿·里奇见面，后者是斯坦福大学负责医学事务的副校长、斯坦福大学医学院的院长。在场的还有约翰·J.施瓦茨，他毕业于哈佛大学法学院，是副校长助理和医学事务顾问。施赖弗向两人介绍了他所知的海弗利克有关WI—38细胞的活动，随后他们把海弗利克叫到里奇的办公室。施赖弗的会议记录表明，海弗利克就是在这个时候说出了细胞联合公司与默克公司的那份合同。[826]

但是，海弗利克对这次见面的回忆却是：他走进门，里奇坐在办公桌后面，施瓦茨坐在旁边。施瓦茨先开口，他对海弗利克说："你最好找个律师。"[827]

施赖弗、杜加斯和柯廷在接下来的几个月出差了几次，追踪、访谈海弗利克的商业客户，以及WI—38细胞的其他主要接收者。柯廷和杜加斯造访了多伦多的康诺特公司和辉瑞公司在纽约的总部。施赖弗去了萨格勒布的免疫学研究院，还去伦敦访问了医学研究委员会的工作人员。他还访问了医学研究委员会的前疫苗监管人、当时在世卫组织工作的珀金斯。他到威斯塔研究所与科普罗夫斯基面谈过。此外，他还给默克公司的律师唐纳德·布鲁克斯打了电话；据海弗利克说，布鲁克斯确认过海弗利克拥有WI—38细胞。布鲁克斯告诉施赖弗，默克公司是在海弗利克证实自己拥有那些细胞，证实国家卫生研究院认同他的说法之后，才与他签订那份大额合同的。[828]

不出差的时候施赖弗就在国家卫生研究院，专注研究海弗利克的案子。在国家卫生研究院一号楼，他花好几个小时与高层谈话，其中最重要的是国家卫生研究院负责合作研究的副院长——60岁的利昂·雅各布斯。

雅各布斯生于布鲁克林，是一个容易发脾气的人，以弓形虫致盲

方面的研究而知名。过去四十年，他大部分时间都在国家卫生研究院工作。1960年代，雅各布斯担任生物制品标准部的科学主任，这或许是海弗利克的不幸。雅各布斯很可能对海弗利克1972年在美国参议院谴责生物制品标准部一事耿耿于怀——尤其是海弗利克说生物制品标准部的科学研究“处于领导不力的次要地位”，认为这种领导不力的状态限制了部门里有能力的生物学家的潜力，还建议允许部门里的科学家跳槽到更好的地方，“让他们的能力得到充分发挥”。[829]

无论雅各布斯最初对海弗利克的态度有没有受到海弗利克在参议院发表的羞辱性证词的影响，随着施赖弗的调查继续进行，他都对海弗利克产生了敌意。

1975年夏，雅各布斯负责国家卫生研究院内部的一个委员会，调查并监督WI—38细胞当时的使用情况。默克公司称，一年前正是雅各布斯告诉默克公司海弗利克拥有那批年轻的WI—38细胞。[830]

雅各布斯对施赖弗坚称他没有说过那样的话，他仅仅在1974年7月默克公司一位名为弗里茨·米勒的工作人员打来电话时，证实过美国政府和威斯塔研究所之间没有相关合同能够让威斯塔拥有那些细胞的专利权——如果确实存在专利的话。专利并不存在，他也向默克公司说明了这点。[831]后来，雅各布斯打电话给默克公司的布鲁克斯，还写了一份通话备忘录：“布鲁克斯先生告知我，默克公司与海弗利克博士的交易严格基于海弗利克博士的陈述，而非基于与我或其他人电话交谈所得的信息。”[832]

布鲁克斯没有向雅各布斯提供全部信息。1974年7月，弗里茨·米勒与雅各布斯进行了一次重要谈话，之后写了一份题为“WI—38人二倍体细胞”的备忘录，并且复印给了莫里斯、布鲁克斯和默克公司的其他管理人员。其中一部分写道：

“有一个问题，海弗利克博士是否有权出售那些细胞。国家卫生研究院的利昂·雅各布斯博士检索了法律顾问的记录后，在1974年7月11日通过电话告诉我，国家卫生研究院不知道有相关的专利……因此，雅各布斯博士认为海弗利克博士可以出售那些细胞。我们现在应该可以继续推进，向海弗利克博士报价。”[833]

1975年夏，施赖弗还咨询了国家卫生研究院的法律顾问——37岁的理查德·J.赖斯伯格。赖斯伯格也毕业于哈佛大学法学院，后来在卫生、教育和福利部逐渐升职。赖斯伯格查阅了国家卫生研究院1962年与海弗利克签订的合同，海弗利克就是依据它研发WI—38细胞的。合同规定，合同终止时，承包方同意将其根据合同研发的所有材

料转让给政府。他查看了1968年1月那场确定细胞处置安排的会议的纪要。他还读了会后国家卫生研究院寄给威斯塔研究所的那封信——信中确认了细胞将于1968年3月1日移交给美国典型培养物保藏中心，并重申了国家卫生研究院拥有细胞。因此，他推断海弗利克带去斯坦福的WI—38细胞安瓿属于国家卫生研究院。[834]

1975年7月，在施赖弗和两名副手首次造访海弗利克在斯坦福的实验室后不到两个月，赖斯伯格联系了司法部的刑事部门。该部的律师花了一个月时间审查事实，最后拒绝开启刑事调查。[835]他们告诉国家卫生研究院，通过民事诉讼，研究院更有可能得到想要的结果——收回年轻的WI—38细胞和海弗利克收取的钱；国家卫生研究院在1968到1975年消极地默许海弗利克拥有那些细胞，所以刑事诉讼很难获胜。[836]

1975年8月，接受施赖弗调查两个多月后，海弗利克、露丝和长女、次女去了以色列；海弗利克在那里参加一场学术会议。途中他很痛苦。回到家，他接到了施赖弗的副手杜加斯打来的电话。杜加斯告知他，从8月19日开始，国家卫生研究院的工作人员将从他的实验室取走WI—38细胞安瓿。[837]

在接下来的八天，那些工作人员——他们此前打了一圈电话，要寻找一家航空公司，愿意让他们带着那些形似炸弹的液氮罐登机（美联航不愿意，环球航空答应了他们）——带走了海弗利克剩下的全部低传代WI—38细胞安瓿，交给附近位于马里兰州罗克维尔的美国典型培养物保藏中心。[838]细胞最终抵达了七年前海弗利克离开威斯塔研究所时，国家卫生研究院就想将它们送去的地方。

移交后不久，保藏中心细胞培养部门的负责人约翰·香农写了一份备忘录给保藏中心的主任迪克·多诺维克。香农报告说，联邦科学家已经将103瓶年轻的WI—38细胞送到保藏中心。这103支安瓿中，46支是第9代细胞，57支是最年轻的第8代细胞。海弗利克1968年从威斯塔研究所带去斯坦福的375瓶第8代WI—38细胞，现在只剩下这57瓶了。香农补充道，送到保藏中心后，有2支第8代安瓿炸裂了。他写道，其他细胞“都恰当地清点过，插入冻存杆，保存在一个单独的液氮冷柜里（品牌MVE，型号VPS 3500）”。他补充道，它们保管在“日常监视下”。[839]

第二十二章　崎岖道路

加利福尼亚州斯坦福与奥克兰，**1976—1978**年

> 政府在过去十年里对WI—38细胞毫不关心，现在却说它们是自己的珍贵资产，这很难让人不对海弗利克感受到的讽刺和愤怒感同身受。“我过去觉得，现在也认为，我感觉这些细胞就像自己的孩子是合乎情理的。”海弗利克说出这番话，毫不奇怪。
>
> ——尼古拉斯·韦德，《科学》，1976年4月9日[840]

1976年3月28日，周日，《纽约时报》头版出现了这样的标题——“调查人员称，美国政府拥有的细胞样本遭科学家出售”。[841]

《纽约时报》和其他几家报刊的记者援引《信息自由法》，获得了詹姆斯·施赖弗及其副手在1976年1月末完成的那篇长达14页、以单倍行距打字的报告。[842]

海弗利克本可以在4月1日前反驳《施赖弗报告》及其结论，但是3月中旬记者们援引《信息自由法》获得这份文件时，国家卫生研究院不经他反驳就公开了报告——海弗利克向法院提出反对也未能阻止研究院这样做。[843]

报告的内容，以及媒体的报道都充满了谴责。

施赖弗在报告中说，海弗利克“出售了属于美国政府资产的人二倍体培养细胞”。他将大部分销售成本归给了国家卫生研究院的研究合同，却将大部分销售收入存入私人账户，后来又存入细胞联合公司的账户——这家公司的股东只有他和他的妻子。1968年以来，总计累积了67482.33美元（约相当于2016年的286000美元），其中1%出头是利息收入。

报告建议美国政府收回这笔钱，并考虑禁止海弗利克获得国家卫生研究院的资助与合同。

《施赖弗报告》中还有很多其他信息。它以相当大的篇幅记载了调查人员尝试将海弗利克解冻、增殖并寄送WI—38细胞的记录，与

实验室中实有的WI—38细胞安瓿数量匹配起来，但是未能成功。海弗利克核算出他带了375支第8代安瓿到斯坦福；施赖弗推算出来的数字也差不多：379支安瓿。他们的一致看法到此为止。施赖弗认为，海弗利克无法说明其中至少207支安瓿的去向。海弗利克声称，这些安瓿要么寄给了英国的医学研究委员会，要么在威斯塔研究所丢失或炸裂了，要么在从威斯塔转移到斯坦福的过程中损坏或炸裂了，再要么在1968到1969年被发现受到污染或死亡了。

施赖弗不相信，他在报告中流露出沮丧之情。

“关乎这些细胞去向的每个环节几乎都存在无法解释的出入，”他写道，“我们得不到能够充分解释第8代细胞去向的记录。”

施赖弗写道，海弗利克也没有尽责保管细胞。他毫无必要地送出低传代细胞，如果将细胞再多传代几次，把超出当前需求的部分冷冻起来，则可以更长久地供应低传代安瓿。（海弗利克后来的辩解令人信服，他称，科学家和企业都不想要中年细胞；它们存活的时间不够长，用处不大。）[844]

这份报告还警告，WI—38细胞安瓿受到了“很高程度的污染”。报告说，海弗利克自1968年以来使用抗生素处理过20多支在解冻时发现受到细菌污染的第8代安瓿。这些安瓿在接受抗生素处理后，被寄送给研究细胞老化的科学家和付费购买细胞的客户，而海弗利克并未告知这些科学家、客户或国家卫生研究院，说细胞受到了污染，并且经过抗生素“净化”。（海弗利克后来力辩，他从未在知情的情况下将这种细胞寄送给公司。）[845]

鉴于这些安瓿在1962年盛夏的制备环境，细胞培养中出现污染通常并不罕见，也不令人惊讶。而且，污染和抗生素处理也不会影响细胞在研究中的使用。然而，对疫苗生产商和监管者而言，“净化过的”细胞是否能用于疫苗生产存在争议。几乎所有公司都会在疫苗制备过程的某个节点使用抗生素处理细胞，但是许多或所有公司一开始使用的都是未经抗生素处理的无菌细胞。他们的理念是使用抗生素防止细菌污染细胞，而非处理已经受到污染的细胞。尽管如此，在一年后国家卫生研究院的一场会议上，至少一名发言者认为，在疫苗制备中可以无风险地使用净化过的细胞。[846]

施赖弗在报告中深表痛惜，海弗利克没有将“一种正在被研究是否可用于制备人用疫苗的细胞系”受到污染的情况告知生物制品标准部（后来的食品药品监督管理局）。在海弗利克看来，这是无稽之谈。在他对外寄送细胞那几年的大多数时间里，生物制品标准部都坚

决反对使用这种细胞制备疫苗，他告知污染一事又有什么意义？后来，他这样评论生物制品标准部的前主管罗德里克·默里以及在1972年接替默里的哈利·迈耶：“两人都不在意我们的工作，都阻挠我们将［WI—38］细胞用于疫苗制备。”[847]

这份报告中或许最有杀伤力的部分详细记录了，海弗利克在1974年3月至1975年6月蒙特利尔那场会议之间将细胞出售给多家企业的做法，包括他与默克公司签订的那份百万美元合同。

在《施赖弗报告》公之于众后，海弗利克向记者发布了一份一页长的声明，部分内容如下：

> 我很惊讶和悲痛，国家卫生研究院发布了一份错误百出、并不完整的报告，而且没有给我机会完成他们要求在1976年4月1日前提交的书面反驳声明。国家卫生研究院向我承诺过，我可以提交反驳声明，之后他们再确定事实是什么样的，以及这些事实造成了什么后果……我坚决否认有任何过错……我希望全世界长久以来信赖我个人和我工作正直性的科学界同行能够格外谨慎地看待报告中的陈述。
>
> 鉴于国家卫生研究院未能按合法程序接受我的反驳，我诉诸法院。我已经于1976年3月25日向美国旧金山联邦地区法院提起了诉讼，起诉卫生、教育和福利部及国家卫生研究院……我有信心通过司法程序证明我的清白。[848]

《纽约时报》在头版登出了施赖弗的调查结果，这让十分在意形象、经常带着光环出现在报纸上的海弗利克特别难受。但是，真正带来毁灭性打击的是《科学》期刊上的文章《海弗利克的悲剧：人细胞系的兴与衰》，因为它的受众是业内人士，海弗利克在四十年后提起它时仍然感到痛苦。[849]

这篇文章的作者是华盛顿的本社记者尼古拉斯·韦德。他之前赶到加利福尼亚州，采访了斯坦福大学的工作人员和海弗利克（他的律师当时在场），然后花了五天时间辛苦地撰写了一篇3500字的文章。[850]这篇文章探究了《施赖弗报告》的每个方面。

韦德指出，国家卫生研究院的工作人员当初并未真正专心地追踪那些现在他们在《纽约时报》上称为“国家资源”的细胞。[851]韦德报道说，1968年冬、海弗利克离开威斯塔研究所之前几个月，国家卫生研究院的项目专员布恩去费城取细胞未果，他后来又在1968年秋给已经到了斯坦福大学的海弗利克打电话，要求他将细胞移交给美国典型

培养物保藏中心。施赖弗报道，海弗利克答应了布恩，但是并没有履行承诺。（海弗利克告诉施赖弗，他不记得与布恩有过这样的对话。）[852]

后来，“事情有些搞砸了，”国家卫生研究院的副院长利昂·雅各布斯向韦德承认道，“我们在这件事上也并非毫无过错”。

韦德写道，海弗利克的那份还未公开的反驳声明或许可以完全证明他没有过错，他还引述了海弗利克那份希望“科学界同行能够格外谨慎地看待［施赖弗的］报告中的陈述”的媒体声明。

但是，韦德在文章中说得很清楚，海弗利克的反驳声明需要克服一些较大的障碍。

《科学》期刊这篇文章中列出的事实，被海弗利克的解释越描越黑了。海弗利克称，他此前向多家公司供应WI—38细胞时使用的，以及未来在能够继续供应时仍将使用的，只是他获许带离威斯塔研究所的那10支第8代安瓿。

韦德描述了海弗利克的解释：他履行默克公司合同所需的WI—38细胞安瓿数量远少于施赖弗所认为的数量，方法是以尺寸大于常规的实验瓶培养细胞。海弗利克的意思是，他实际上可以将一支安瓿中约200万个细胞移入一个表面积足够大的瓶子中，让群体倍增几次后才汇合，比如说倍增到2500万个细胞，他告诉施赖弗。[853]之后，可以将这些细胞移入15支安瓿——按照海弗利克的估算，再交给默克公司。海弗利克称，按照科学惯例，这些细胞的群体倍增数仍然是9，因为它们“传代”到新瓶中仅仅9次。

“很难有人同意海弗利克的算法，”韦德写道，并引述了几位匿名专家的话。他们说海弗利克的推理“完全站不住脚”，说它“会贻笑大方”。默克公司的希勒曼也接受了韦德的采访，他虽然没有这样强烈指责，但也表达了同样的意思。他只是说，50支第8代安瓿只能产生100支第9代安瓿。

韦德还报道说，那些低传代的原代WI—38细胞供应似乎少得令人担忧。国家卫生研究院从海弗利克的实验室收回了总共约100支第8代与第9代安瓿。但是，现在的保管单位美国典型培养物保藏中心打开了其中9支安瓿，发现6支受到细菌污染。如果全部安瓿的污染比例都这么高，那么适合疫苗制备的安瓿其实就远少于人们的估计。

“海弗利克的真正悲剧并不在于国家卫生研究院的调查，也不在

于斯坦福大学对他的处理，而在于他对WI—38细胞未来的明显影响。”韦德总结道，“现在看来，WI—38细胞只够再使用几年了。”

文章最后引用了国家卫生研究院雅各布斯的话。他说得很圆滑，称他不认为国家卫生研究院会按照施赖弗的建议不给海弗利克拨款，并且“长远看……这家伙的处境会好转的”。

但是，最有影响力的引言无疑来自海弗利克在威斯塔研究所的老同事斯坦利·普洛特金。韦德写道：“据普洛特金说，许多人都就出售细胞一事警告过［海弗利克］，但是他不接受任何反对意见。‘我想，从真正古典的希腊视角来看，它是一出悲剧，因为一个处于权力巅峰的人造成了自己的陨落。’普洛特金说。”[854]

在《纽约时报》和《科学》登出文章时，《施赖弗报告》在海弗利克家里已经不是新闻了。那年冬天，海弗利克的儿子乔尔在斯坦福大学位于英国克莱夫登乡下的校区学习。1976年3月3日，他拿起当天的《斯坦福日报》，看到了通栏大字标题“教授受控滥用资金”。文章报道海弗利克已于前一周辞职，还说“海弗利克被指用斯坦福大学的实验室为自己的公司生产、保存和销售培养细胞”。[855]

“斯坦福大学担心，学校的实验室被不当地用于履行一份保存、生产和分发人细胞株的合同，其中部分细胞株还被海弗利克私自出售。”斯坦福大学在2月27日发布的新闻稿中宣布。海弗利克辞职的消息在这天公开了。

根据一份由斯坦福大学撰写、被《斯坦福日报》引用的新闻稿，海弗利克认为自己遵守了斯坦福大学关于合同的规定。他告诉《斯坦福日报》，“对所做的一切都问心无愧”，还表示他是基于原则自愿辞职的，因为“斯坦福大学质疑我的动机”。

斯坦福大学医学院顾问施瓦茨在《斯坦福日报》上回应道：“我们对动机的态度是，他将款项不当地存入了个人账户。”这位施瓦茨在初次见到海弗利克时曾说“你最好找个律师”。

施瓦茨征得国家卫生研究院同意后，还将《施赖弗报告》转给了地方检察官，即圣克拉拉县当地的刑事检察官。[856]地方检察官最终决定不立案，不过在此之前他打电话告知了海弗利克前一年夏天聘请的律师法德洛·穆萨拉姆，这让海弗利克很担心。[857]

海弗利克自愿辞职，就等于不给斯坦福大学的教职工咨询委员会（基本上由他的同事组成）机会来裁定自己这个案子。[858]几周后，

他聘请了能力颇强、后来成为硅谷顶尖大律师的新律师威廉·芬威克，芬威克对这个决定感到特别遗憾。[859]

在斯坦福大学的教职工中间，许多群体都采取了一种显眼的沉默态度，也有一些人发声支持。海弗利克记得，斯坦福大学医学院很有影响力的放射学家亨利·卡普兰为他去游说医学院的院长里奇和斯坦福大学的校长理查德·莱曼，但是没有效果。有一次，卡普兰看到他时担心他心脏出问题，请他去一位专攻心脏病的同事那里做检查，结果显示他身体很健康。

在美国的另一边，哈利·施瓦茨和诺埃尔·布特博——两人都是实验室材料供应商微生物学联合公司的高管，也是老朋友——聘请海弗利克当顾问，开始定期请他飞往马里兰州，为他们提供细胞培养技术的建议。

苏联的异见人士和科学家若列斯·梅德韦杰夫写信谴责《科学》期刊。（1972年，海弗利克组织了一个团体给苏联当局施压，迫使他们释放了在基辅参加老化会议时被捕的梅德韦杰夫。）梅德韦杰夫写道，《科学》期刊上那篇文章标题中所提的“悲剧”，其实“在于《科学》期刊以极为偏心的态度”报道海弗利克事件，也在于“一位杰出的科学家竟可以在案子未经同事讨论的情况下，就被迫辞去大学教授职位”这一事实。[860]

还有些人并未公开表示愤怒。默克公司的希勒曼在数十年后回忆：“有人叫我去当主要证人，指证海弗利克。我说如果有人打算给海弗利克定罪，我会采取自己的行动，让两位政府高官也跟着海弗利克进监狱。”他补充道：“他应该作为科学界的英雄受到赞颂，而不是遭受迫害。”[861]

就像在许多争议中那样，总有一方会比另外一方态度更激烈；尽管希勒曼比较谨慎，但海弗利克的许多支持者都很坦率，而他的批评者，即海弗利克在威斯塔研究所的同事克里斯托法洛在几年后所说的那些“感到震惊的”人们，则大都保持沉默。无论人们多么不赞同他的做法，一位同行倒下毕竟并不是好事，所以很多人可能并不想落井下石，加重他所受的羞辱。

然而，阿尔伯特·萨宾写的这封信则表明了他们的感受。萨宾是脊髓灰质炎疫苗的发明人，曾经推荐海弗利克去斯坦福大学任职。若干年后，有人请他在一封寄给《科学》期刊、支持海弗利克的信上签字，萨宾给这项活动的组织者写了一封信：

我自认为是伦纳德·海弗利克的朋友，但是我不赞同他的那种行为，尤其是他为细胞联合公司谋利因而与国家卫生研究院起了争端。我特别希望，在那封打算在《科学》期刊或其他地方发表的信上，你们没有使用，也不会使用我的名字。

阿尔伯特·B.萨宾医学博士谨启[862]

辞职几周后，海弗利克聘请了帕洛阿尔托的知识产权法律师芬威克。芬威克年轻又精明，他在立法者面前发表的证词推动了一项新法律，即于1974年通过的《隐私法案》的制定。芬威克当时在帕洛阿尔托的戴维斯、斯塔福德、凯尔曼和芬威克律所工作。现在，他是泛伟律所的荣誉合伙人，这家律所位于硅谷，影响力很强，拥有300多名律师。脸书、苹果、谷歌等都是其客户。史蒂夫·乔布斯在19岁创建苹果计算机公司时，就是由芬威克亲自代理的。

2012年接受采访时，芬威克回忆说，他当时相信海弗利克真的认为自己没有过错。[863]他说，如果不相信海弗利克，他就不会在几乎无望得到75美元时薪的情况下接手海弗利克的案子。他当时已准备对国家卫生研究院声称拥有WI—38细胞的说法提出质疑。他还认为，他能够充分证明国家卫生研究院公布《施赖弗报告》的行为违反了新的《隐私法案》。

一场持久的法律战争随后打响。在这场战争中，海弗利克在芬威克的代理下起诉了美国政府，要争取对国家卫生研究院从海弗利克实验室拿走的每一支WI—38细胞安瓿，以及对它们可能产出的任何成果的所有权。他还要争取对出售细胞所得的6.7万美元的所有权，并要求政府支付名誉损害赔偿金。[864]政府则提起反诉，要收回这笔钱。[865]

这场诉讼将持续五年。与此同时，1976年3月，海弗利克突然失去了工作，失去了实验室，惹上了一大堆耗人精力的法律麻烦。他没有被诊断为抑郁症，但是确实情绪很低落。他本来就不壮硕，现在又瘦了10到15磅。出于某种原因，不想吃东西的时候他就去吃巨无霸汉堡。他成了皇家大道——紧挨着斯坦福大学校园东边的商业街上那家麦当劳的常客。

他还要维持家庭开支。他开始领取失业补助，每周104美元。家里有两个孩子在上大学，一个孩子在读高中毕业班，两个女儿才10岁和15岁，一家人只能靠存款和海弗利克以前担任顾问获得的少量收入生活。

他经常出差去马里兰州，给实验室材料供应商微生物学联合公司提供咨询服务，他从中获得了些许平静。这家公司位于沃克斯维尔，周围是玉米地和农场。宁静的环境抚慰了他，“在这之前，每次电话响起都像炸弹爆炸一样，因为许多电话都带来了坏消息”。[866]

在痛苦和怨愤中，海弗利克一度给普洛特金写了一封单倍行距、将近两页半的信，并附上了他长达11页的法庭申诉，以及一份媒体声明。

普洛特金的回复只有一段。

亲爱的伦纳德：

很高兴收到你的来信。我希望你在法律方面的事情能够进展顺利。然而，我最希望的是，你有机会再次开始做你特别擅长的科研。拥有一份职业的主要好处是，你可以沉浸在工作中，忘记其他问题。我自己的经历就是这样。

谨此致意。

斯坦利·A.普洛特金医学博士[867]

在《施赖弗报告》发布五个月后，到了夏末，国家卫生研究院才公开了海弗利克那份65页长的反驳声明，人们支付11美元复印费即可获得。[868]9月1日，施赖弗针对海弗利克的反驳声明，写了一篇逐条驳斥的文章。其长度几乎是海弗利克反驳声明的两倍，因为它重印了海弗利克的论点，并逐条回应。[869]

海弗利克的长文反驳声明很少有媒体报道，只有韦德在《科学》期刊上的一篇文章里提及了它。韦德说海弗利克的反驳声明现在可以获得，并说声明称《施赖弗报告》“不完整、不准确，指责毫无根据”。[870]

海弗利克在反驳声明中说了很多点。他声称，最先让国家卫生研究院调查WI—38细胞法律状况的人是他。他还坚持说，在施赖弗展开调查之初，自己就决定不再竞聘国家老化研究所所长，这是出于多方面的考虑，比如新工作会占用他的研究时间，降低薪水。（施赖弗在报告中称，海弗利克作为细胞联合公司总裁的各种活动，与国家老化研究所所长应该承担的责任之间，存在明显冲突。“在我们最初与海弗利克博士讨论时，他显然意识到了这点，所以决定退出竞聘。”施赖弗写道。[871]）

海弗利克还批评《施赖弗报告》没有提及他起诉政府声称拥有WI—38细胞一事。[872]《施赖弗报告》是在1月完成的，但是海弗利克辩称，国家卫生研究院本可以在3月25日遭他起诉后修订报告。正是在3月25日，在法庭拒绝介入以阻止施赖弗发布报告后，国家卫生研究院根据《信息自由法》发布了报告。

海弗利克抱怨，报告轻率地宣布细胞是“美国政府的资产”。他提起的“诉讼让这个问题存在异议”。不过，他没有提到如何辩称细胞属于他。

施赖弗驳斥了海弗利克在反驳声明中提出的每个问题，并且直白地写道：“报告中没有提到那项诉讼，因为它是在报告完成后才提起的。”

海弗利克辩称，在1968年1月那场有他参加、要确定如何处置WI—38细胞的关键会议上，大家并没有就细胞归属权得出定论。施赖弗反驳说，这不需要定论，那场会议上作出的决定——除20支安瓿以外，所有的细胞都应交给美国典型培养物保藏中心，由该保藏中心为国家卫生研究院保管——已经间接表明国家卫生研究院拥有细胞。

海弗利克写道，他“从未收到国家卫生研究院或其他人的要求，让他将细胞交还给美国典型培养物保藏中心”。施赖弗反驳了这一点，说1968年秋布恩——国家卫生研究院的合同专员，一位四肢瘦长的病理学家——就曾要求海弗利克这样做。

海弗利克指责《施赖弗报告》将他在WI—38细胞库存记录上的瑕疵归于动机邪恶。施赖弗反击说，国家卫生研究院有权期待最低标准，并且指出，当国家卫生研究院的科学家与食品药品监督管理局的同事霍普·霍普斯在带走WI—38细胞前清点它们时，“对记录的混乱和安瓿存储的马虎表现出了震惊”。

至于细胞的保管工作，海弗利克争辩道，他在满足“合同外”科学家和机构的细胞需求时，使用的是已经为细胞老化研究人员解冻的细胞，这些细胞“如果不用就会被浪费或销毁”。

施赖弗反驳说这些说法“毫无根据，只能视为自说自话”。施赖弗写道，海弗利克自己的记录显示，他在斯坦福大学时寄送出了1700份低传代细胞，其中近1200份寄送给了付费客户。并且，付费客户还受到了优待，他们收到的细胞常常比细胞老化研究人员根据合同收到的细胞更年轻。“政府的利益明显没有得到保护。”

在解释他如何以为数不多的第8代安瓿满足默克公司的合同条款，为该公司提供100支或更多倍增过9次的安瓿时，海弗利克再次辩称可以通过将细胞移入尺寸大于常规的瓶中，给它们更多空间来增殖，等到产出相当于十几支安瓿的细胞后，再在第9次传代时收获它们。他还写道，对群体倍增数的估计是十分不精确的，所以过于关注低于10的群体倍增数没有意义。

施赖弗在反驳时请了食品药品监督管理局的霍普斯来回应。对于海弗利克就如何产出足够的细胞来履行默克公司的合同所给的解释，她这样写道："我们无法同意海弗利克博士的说法。实际上，基于已知的［第8代］安瓿数量，不可能产出如此大量的倍增9次的安瓿。通过操作，可能得到传代9次的细胞，但是得不到倍增9次的细胞。"

只有在质疑国家卫生研究院对他的做法没有采取主动措施，而是心照不宣地默许时，海弗利克才在反驳声明中占上风。

他指出，在向国家卫生研究院提交的进度报告中，他多次汇报自己在向合同外的科学家提供细胞。他提醒读者，在这种情况下，国家卫生研究院多次赞扬他为那份向老化研究人员提供细胞的合同所做的管理工作。"从未有任何人质疑海弗利克博士在这方面的决定或策略。"他坚称。他说，《施赖弗报告》未能让读者知道这一点，因而存在"不可辩解的失真"。

海弗利克还抱怨报告缺乏语境：

> 报告没有说明，海弗利克博士是人二倍体细胞冷冻和保存技术的开创者，在技术还特别原始的时候制备了人二倍体细胞。他发现
>
> 1.冷冻的安瓿特别脆，容易破裂；
>
> 2.出于令人费解的原因，许多安瓿的底部会脱落；
>
> 3.部分安瓿在从液氮中取出时会炸裂；
>
> 4.安瓿在从支架上取下后，有时会掉落，无法寻回。

此外，他争辩道，威斯塔研究所的冷柜经常不锁，六年间有许多人都可以打开它。

但是，施赖弗在回应中表示不相信海弗利克的说法，即无法说明去向的只有139支安瓿，而非207支，而这139支安瓿全都丢失、炸

裂、破裂、污染，或者死亡了。施赖弗认为“无法接受”这种说法。他和团队发现，在威斯塔研究所和斯坦福大学的记录中，安瓿破裂、炸裂、污染或死亡的情况非常多。鉴于此，他写道：“139支去向不明的安瓿的相关情况没有记录下来的说法，很难让人接受。”

在他们的互相反驳中，有几个问题两人都可以算是自说自话，比如海弗利克否认曾经对施赖弗说过自己行为“不当”，而施赖弗则坚持称海弗利克说过。但是，涉及向企业出售细胞的那些事实，海弗利克要么反驳无力，要么沉默不语。关于他在蒙特利尔以商定好的价格，即5000美元将两瓶年轻细胞交给康诺特公司人员一事，他在反驳声明中说这条信息“导向许多负面结论，即海弗利克博士有不正当目的”。他写道，因此调查报告中不应该提到这件事。对于以3000美元的价格向萨格勒布免疫学研究院出售细胞的事情，他没有异议。至于与默克公司的合同，海弗利克在反驳声明中只说是默克公司来联系他，而不是他去找默克公司的。

“谁先找谁并不重要。”施赖弗回应道。

在反驳声明结尾，海弗利克以第三人称生硬地写了一段话，它只能视为一种哀痛。

> 报告总结说，海弗利克博士的行为侵犯了政府对那些细胞的产权。这种结论是错误的……但是报告中特别不公平、对海弗利克博士造成极大伤害的，不在于这个错误结论本身，而在于报告认定细胞的归属权问题从未存在争议，认为海弗利克博士在明知自己没有貌似合理权利的情况下，故意不诚实地侵占了政府资产……极为讽刺的是，报告竟然没有提及［细胞的］归属权存在明显的问题……报告对海弗利克博士的声誉和职业生涯造成的伤害无法弥补。他可能永远也无法完全恢复。

施赖弗的结论更简短。

> 海弗利克博士的反驳没有给国家卫生研究院提供任何修改［报告的］理由。实际上，他的许多材料要么无法证实，要么完全背离事实。

在七年的时间里，海弗利克固执地制造出了让自己生活崩溃的境遇。但是，一旦他这样做了，尤其是在他起诉国家卫生研究院之后，国家卫生研究院就不会在处理他的方式上有丝毫让步。在贝塞斯达，有人——施赖弗、雅各布斯，或许还有其他高层官员——对他怀有敌意，它超出了案子的事实，染上了浓重的个人色彩；在未来几年，这

会变得显而易见。

这种敌意还延伸到了华盛顿特区的市中心，延伸到了国家卫生研究院的上级机构卫生、教育和福利部，那里的高层官员现在要确保普洛特金给海弗利克的建议——“再次做科研”不容易实现。

1977年1月，海弗利克已经在儿童医院医学中心的一间研究实验室找到了工作，这家机构位于旧金山湾对面的奥克兰。他去奥克兰可以继续工作，但那里肯定不是斯坦福。而且，他不能将他在斯坦福获得的为期数年的国家卫生研究院资助项目转去奥克兰，比如一个研究正常人细胞癌变原理的五年期资助项目，这个项目相当慷慨，是在《施赖弗报告》发布之前两周刚获得的。[873]奥克兰的这家医院没有钱，无法给他付工资；海弗利克需要寻找新的资助来支持他的科研，他得赶快行动了。

就在1977年3月1日申请截止前，他表现出一贯的顽强，去找了国家卫生研究院下属的国家老化研究所。研究所的首任所长罗伯特·巴特勒此时已经上任。海弗利克申请了一项为期三年、总额56.2万美元的资助，研究实验室中细胞的老化。在申请中，他请求国家卫生研究院提供一些最年轻的WI—38细胞，也就是从他实验室拿走的那些细胞。

1977年10月，老化研究所的顾问委员会就海弗利克的申请进行了投票。通常，这种顾问委员会要针对多项申请投票，每项申请事先都经过一个由科学界同行组成的较小评议组的仔细审查。海弗利克的申请也经过了这样的审查。[874]但是，极为不寻常的是，老化研究所的顾问们单独就海弗利克的申请进行了投票。[875]他们非常清楚地向国家卫生研究院的管理者传达了一条信息：不要纠缠海弗利克，让他继续做科研。但是，后来什么都没有发生。

十二个月后，海弗利克根据《信息自由法》获得了国家卫生研究院与其上级部门的机密通信，他要求国家卫生研究院作出解释，国家卫生研究院这才告知海弗利克，在卫生、教育和福利部部长进行特别检查之前，他不会得到任何资助。[876]

1977年，在国家卫生研究院收到海弗利克的资助项目申请后，其法律顾问赖斯伯格告诉研究院，明确将海弗利克排除在资助之外的做法“没有可靠的法律依据”。[877]国家卫生研究院的院长弗雷德里克森也这样认为，老化研究所的首任所长巴特勒也同意这种观点。[878]

但是，国家卫生研究院的副院长利昂·雅各布斯不同意，并且向弗

雷德里克森表达了自己的意见。《科学》期刊曾经引述雅各布斯的话，说国家卫生研究院不会再给海弗利克任何资助项目。雅各布斯对于默克公司说他曾经告诉后者海弗利克拥有细胞一事，一直耿耿于怀。在海弗利克申请资助之后几个月，雅各布斯写信给弗雷德里克森，说国家卫生研究院“可以在行政上决定不资助［海弗利克］，因为海弗利克博士存在学术不端问题”。[879]

在华盛顿市中心，还有更大的角色在支持雅各布斯。1978年初，卫生、教育和福利部的监察长托马斯·D.莫里斯写了一份备忘录，收进他的“海弗利克文件夹”。他在备忘录中指示赖斯伯格等人“写一份文件……说明［约瑟夫·］卡利法诺部长有权不批准资助”。他还想让人另写一份文件，说明国家卫生研究院的审核者有必要“从管理和伦理角度”考察任何一名资助申请人。总而言之，赖斯伯格及其同事要“改进淘汰程序”。[880]

几个月后，托马斯·D.莫里斯又口述了一份备忘录，也收进“海弗利克文件夹”。在这份备忘录中，他指示一名助手向赖斯伯格施压，让他确保“［卫生与公众服务部的部长助理朱利叶斯·］里士满博士不批准那个以海弗利克博士为主要研究者的资助项目”。[881]

1979年8月，在提交申请两年半后，海弗利克最终获得了这个资助项目。我们并不清楚是卫生、教育和福利部的哪一位最终放弃了阻拦。这个项目将在三年的时间里拨款56.2万美元。但是，海弗利克几乎没用上这笔钱，原因之一是他坚称其研究需要年轻的WI—38细胞，而国家卫生研究院拒绝提供。[882]（国家卫生研究院说，他可以像其他科学家那样，从美国典型培养物保藏中心获得较老的WI—38细胞。）[883]海弗利克的科研工作差不多停滞了，因为他要花时间打官司、寻找一份长期的工作，并通过做顾问来养家糊口。他后来很少再发表基于实验室工作的新论文了。

第二十三章　疫苗竞赛

伊朗与美国，**1975—1981**年

> 一头发了疯、吐着沫、怒气冲冲的畜生突然发起攻击……这种情况几乎总是大白天发生在村子里，村民们抄起棍棒和十字镐拼命搏斗，才把狼打死了。

——巴斯德研究所狂犬病部部长马塞尔·巴尔塔扎、

主任迈赫迪·戈德西

伊朗德黑兰，1954年[884]

1975年10月20日，当詹姆斯·施赖弗正在辛苦撰写那篇将彻底毁掉海弗利克生活的报告时，伊朗西北部的村庄阿格布拉格（Aghbulagh）有7人遭到了一匹患狂犬病的狼的攻击。受害者包括一名55岁的男子，其脸、头、手上共有20处撕裂伤；还包括一名7岁男孩，其头、颈、脸、耳上共有超过25处很深的刺伤。最终，疯狼被吓坏了的村民围住杀死了。村庄有大约60位村民，住在土墙房屋里，对他们而言，这场攻击无异于一场灾难。

路况很糟糕，受害者在咬伤后32小时才终于到达250多英里以外的伊朗巴斯德研究所，同时带去的还有那匹死狼。伊朗的巴斯德研究所独立于狂犬病疫苗发明人路易·巴斯德在法国创立的著名的巴斯德研究所，是世卫组织指定的狂犬病研究中心之一。在伊朗，狂犬病广泛存在于狗和狼之中。德黑兰这家研究所的科学家使用的仍然是以动物脑制备的疫苗，他们最近接到通知，要开展一项重要的临床试验。[885]

7位村民首先注射了骡子血清，其中含有由伊朗的著名机构拉齐研究所生产的狂犬病毒抗体。这是效应快、维持时间短的被动免疫，在当时直到现在都十分重要，它能够控制住病毒，等待受害者可以接种疫苗，自身的免疫系统开始产生抗体。在首次注射后不到1小时，7位村民又注射了一种实验性疫苗。这种疫苗由费城的威斯塔研究所发明、法国里昂的梅里厄研究所制备，使用的是海弗利克的WI—38人

二倍体细胞。它已经以健康的志愿者进行过安全性测试，他们产生了很高水平的抗体。对被狂犬病病畜咬伤的人来说，它是否有效？

接受首次、“零日”注射后，受伤的村民留在研究所，在第3天又接受了注射。之后，他们返回了阿格布拉格，研究所的工作人员在第7、第14、第30和第90天去阿格布拉格，给他们再注射4次——如果那时他们仍然活着的话。

与此同时，研究所的一位兽医解剖了那匹狼，检测脑和唾液中是否含有狂犬病毒。两次检测结果都呈阳性。

1962年11月，X太太堕胎后才几个月，威斯塔研究所的科普罗夫斯基和他的波兰同乡泰德·维克多已经开始使用WI—38细胞制备狂犬病疫苗。他们走过了漫漫长路，才在狂犬病逐渐减少的1975年抵达了这个关键时刻。[886]

1960年代中期，在经过努力成功让狂犬病毒在WI—38细胞中生长后，他们需要从各种已用于制备狂犬病疫苗的病毒株中选择一种。他们最终选择了皮特曼-穆尔病毒株；它是从国家卫生研究院获得的，来自1880年代路易·巴斯德最初研发的疫苗病毒。

1965年，他们研发出一种“种子”疫苗，其病毒以WI—38细胞传代培养了52次。他们开始向多家公司分发这种疫苗：1966年给里昂的梅里厄研究所；1969年给西德马尔堡的贝林工厂；1971年4月给费城的惠氏公司。这些公司研发疫苗时，科普罗夫斯基、维克多和其他科学家改良了疫苗的浓缩和纯化工艺，提高了疫苗激发抗体的能力。[887]

迟至1966年，科普罗夫斯基才主张，使用减毒活病毒制备狂犬病疫苗比使用灭活病毒更有优势。他相信，对被咬伤的患者，时间极其重要，而活病毒可以让疫苗以更少的注射次数、更快的速度激发更多的抗体。[888]但是，活疫苗中即使出于某种原因只存在少量致病病毒，也会造成极严重的后果，所以企业都难以接受这种方法。他们反而都集中精力寻找不同方法来杀死纯化过的疫苗病毒。惠氏公司使用的是无色无味的磷酸三丁酯，它能够将病毒分解成碎片。当时企业里的科学家还会使用β—丙内酯再灭活一次，这种液体化学品也用于在疫苗制备初期杀死病毒。[889]梅里厄研究所和德国的贝林工厂只使用β—丙内酯，杀死的病毒是完整的。[890]后来人们发现，两种处理方法的差异至关重要。

对科普罗夫斯基的目的而言，1960年代末还发生了其他极为重要

的事情。1968年8月，科普罗夫斯基及其同事就狂犬病疫苗制备新方法提交专利申请后不到三年，便获得了美国专利商标局的批准。[891]科普罗夫斯基、维克多、费尔南德斯以及威斯塔研究所现在正期待能源源不断地收到专利使用费，他们相信相关的公司都能从各自国家的监管者那里获得上市许可。

最终，在1971年11月烟雨蒙蒙的一天，在他们首次向一瓶WI—38细胞植入狂犬病毒九年后，一件期待已久的事情在威斯塔研究所发生了。

科普罗夫斯基、维克多和普洛特金等16名工作人员成为首批注射新狂犬病疫苗的人。惠氏公司提供疫苗，威斯塔研究所提供摄影师。这些志愿者接受了上臂注射，他们中间有半数从未接种过任何狂犬病疫苗。几天后，他们的抗体水平大幅升高。一个多月后，他们又接受了一次注射。其中从未接种过狂犬病疫苗的志愿者，除一人以外，抗体水平都超过了在其他研究项目中注射过14剂旧有鸭胚疫苗的志愿者。几年前，这种鸭胚疫苗未能拯救南达科他州、明尼苏达州和摩洛哥的几名男孩。对接种过狂犬病疫苗、已经拥有抗体的志愿者，新疫苗有明显的强化效果，他们的抗体水平甚至高于从未接种过狂犬病疫苗的志愿者。至于不良反应，几人除了手臂酸痛以外，没有其他症状。[892]

在将试验结果整理成文以发表在《美国医学会杂志》上时，科普罗夫斯基和维克多有充分的理由乐观。[893]但是，又过了四年，研究人员才觉得可以在被病畜咬伤的人身上测试这种疫苗，而测试地点就是德黑兰的巴斯德研究所。在这四年里，研究人员在美国和其他六国对所有三家公司的疫苗开展人体测试，确认这种人细胞疫苗的安全性，确认它激发的抗体水平远高于现有疫苗，之后还要确定注射剂量、间隔时间，以便让抗体水平最大化。[894]

1976年1月底，在詹姆斯·施赖弗即将完成关于海弗利克的报告时，德黑兰巴斯德研究所的工作人员最后一次前往阿格布拉格村，给被狼咬伤的村民注射最后一剂疫苗。3个月已经过去了，7位村民仍然活着且健康。[895]

1975年到1976年初，巴斯德研究所的团队给在伊朗被患狂犬病的狼和狗咬伤的45人接种了疫苗，这是首次在真实情景中测试新的WI—38狂犬病疫苗。接种者全部来自伊朗西北部乡村。除阿格布拉格村民外，被咬伤者还包括一名90岁男子和一名3岁男孩，男孩在腿与臀部被病犬深深咬伤6天后才注射了第一剂疫苗。其中有7名被咬伤者——大多是十几岁的男孩，生活在特别偏远的村庄，他们在被咬伤

七八天后才注射了第一剂疫苗。咬伤这45人的动物，即6条狗和2匹狼，都被抓住并处死了，实验室检测确认它们都患有狂犬病。

科普罗夫斯基和伊朗科学家将试验结果写成论文时，距离45名疫苗接种者被咬伤已经过去6至12个月了，其中有44人仍然活着且健康。只有那名90岁男子死亡。不过，所有迹象都表明他死于心脏病。他接受完最后一次注射已经2个月了，那天，他干完一整天活儿后感到胸口剧痛，痛感辐射到双臂。他没有出现狂犬病的症状。[896]

这项试验得出的惊人结果于1976年12月发表在《美国医学会杂志》上。“我们相信，我们在狂犬病毒暴露后治疗方面取得了重大突破，”作者写道，“不仅注射次数……可以从14至21次减少到6次或更少，而且与过去和现在使用的疫苗明显不同的是，这种［人二倍体细胞疫苗］几乎没有负作用，免疫效果好。”也就是说，这种疫苗能够迅速、高效地激发人体产生抗体。[897]

法国政府批准了梅里厄研究所的疫苗，它便于1978年开始在法国销售Imovax疫苗。经过多次收购，如今这家公司属于疫苗巨头赛诺菲巴斯德公司。1980年，美国食品药品监督管理局批准了Imovax疫苗，也批准了惠氏公司的竞品Wyvac疫苗。同年，疾病控制中心宣布这两种基于人细胞的新疫苗优于现有的鸭胚疫苗，并且指出新疫苗激发的抗体水平比鸭胚疫苗平均高10倍。[898]鸭胚疫苗后来很快从市场上消失了。

疫苗生意有风险，在最糟糕的案例中，生产者完全无法得到原谅。1985年初，惠氏不得不停止销售其WI—38狂犬病疫苗，那时它已经就该疫苗进行了十四年的研发，但上市销售却仅仅几年。疾病控制中心的《发病率与死亡率周报》上有一篇文章解释说，对梅里厄研究所和惠氏公司的疫苗进行的常规研究——在产品获许上市后进行的所谓许可后研究——发现，惠氏公司的Wyvac疫苗产生的抗体水平不达标。17人在被可能患有狂犬病的动物咬伤后接种了疫苗，其中3人抗体水平未能达到疾病控制中心制定的最低保护标准。实际上，这3人中有1人根本没有产生抗体。[899]而接种梅里厄研究所Imovax疫苗的22人全都产生了达到保护标准的抗体。

疾病控制中心的几位作者不知道为什么惠氏公司的疫苗未能在这3人体内起效——过去，这种疫苗总是能激起保护性的免疫应答。这种失效无法归咎于某一批次疫苗质量差，它涉及了若干批次。作者提出一个设想，这种失效或许与年龄有关：人体的免疫应答随年龄增长而减弱，而测试中免疫应答较差的几个人比其他受试者大20岁左右。此外，在那名完全未产生抗体的32岁肥胖男子的病例中，疫苗注射到

了臀部肥厚的脂肪中，这可能影响了疫苗发挥作用。这一注射部位违反了疾病控制中心的推荐，即肩部注射。或许问题在于两种疫苗本身的差异——也就是说，在于惠氏公司的生产工艺，即在灭活病毒时将其分解成碎片。或者，问题是由这些因素综合造成的。[900]

无论出于什么原因，疾病控制中心强烈建议，在过去四个月里被咬伤并接种了惠氏公司疫苗的人都立即补种惠氏的竞争者梅里厄研究所生产的疫苗。

“我们不希望任何人用了我们的药却患上狂犬病，”惠氏公司的发言人詹姆斯·皮尔斯表示，“这种情况还未发生，我们预计它也不会发生，但是我们想采取预防措施。”[901]

惠氏公司的决策者没有再生产Wyvac疫苗。他们过了很久才宣布召回它，在这期间梅里厄研究所的疫苗成了美国市场上唯一一种人用狂犬病疫苗。

1970年代中期，科学家对研发预防多种传染疾病的新疫苗热情很高。他们完全有理由干劲十足。1963年麻疹疫苗获批，1967年腮腺炎疫苗获批，从此这两种疾病的发病率大幅降低，与麻疹相关的死亡病例大幅减少。[902][903]

在希勒曼的带领下，默克公司成为麻疹疫苗和腮腺炎疫苗的开拓者。1969年HPV—77鸭风疹疫苗获批后，默克公司迅速打包三种疫苗，在1971年推出了第一种麻腮风三联疫苗MMR。（1979年，普洛特金的风疹疫苗取代了HPV—77鸭风疹疫苗，默克公司将这种联合疫苗更名为MMR II。）

1970年代中期，默克公司也力求在水痘疫苗和甲肝疫苗竞争中击败对手。两种疫苗病毒都是以人二倍体细胞株培养的，培养机构却相隔遥远。1974年，日本大阪大学微生物疾病研究所的医生和病毒学家高桥理明发布消息，他成功地为住院儿童接种了水痘疫苗。[904]水痘是由水痘带状疱疹病毒引发的疾病，这种病毒极具传染性，能够也经常在住院儿童中间传播，因此高桥理明以病房作为临床试验的场所。对于普通儿童，水痘尽管会痒得令人烦躁，但通常症状轻微。然而，对于健康儿童，以及因患白血病等疾病免疫系统弱的儿童，水痘有时会造成极大损害，甚至导致死亡。它还可能给免疫受抑制的成年人，如艾滋病患者或必须服用免疫抑制药物的器官移植受者，带来危险。水痘带状疱疹病毒在人体内肆虐时，会损伤肺、侵入脑、造成多器官衰竭，或者同时造成以上损伤。对于老年人，水痘病毒还会引发带状疱疹，这种难以忍受、流脓的皮肤病也可能致命。

为了制备疫苗，高桥理明从一名冈姓的3岁男性患儿皮肤上充满病毒的水痘中捕获了水痘带状疱疹病毒，再将病毒减毒。这种减毒并不容易实现。水痘病毒对其入侵细胞的种类特别挑剔。但是，高桥理明设法做到了。他首先以一个人胎的成纤维细胞培养病毒，再以豚鼠胚胎的成纤维细胞（带状疱疹病毒会入侵的仅有的另一种细胞）培养，最后以WI—38细胞培养。[905]1970年代中期，高桥理明在日本对大有前景的“冈氏”疫苗继续开展更多临床试验，默克公司也在努力研发自己的水痘疫苗。默克使用的是另一种水痘带状疱疹病毒株，也是以WI—38细胞培养的。[906]然而，它并未取得多少成果。[907]受试儿童产生了抗体，但是抗体水平很快就会大幅下降。[908]

与此同时，在费城附近默克公司的同一园区，性情温和的疫苗科学家菲利普·普罗沃斯特正在使用WI—38细胞减毒甲肝病毒。当时和现在一样，甲肝往往是一种“穷病”，在缺乏洁净水源和基本卫生条件的地方十分常见。感染者的粪便中含有病毒，人们因摄入被粪便污染的食物和水而染病。儿童感染甲肝后无症状或症状轻微，包括发热、恶心、食欲不振，而老年人的症状严重得多，甚至会致命。甲肝在全球范围内造成危害；在美国，它在有同性性行为的男性中尤其严重。疫苗可以大幅降低甲肝的损害，普罗沃斯特正在竭尽所能要先于竞争者研发出一种甲肝疫苗。

国家卫生研究院调查海弗利克及其WI—38细胞的消息，像炸弹一样落进了这样的环境中。

1976年4月《科学》期刊登出了尼古拉斯·韦德的长文《海弗利克的悲剧：人细胞系的兴与衰》。即便疫苗生产者读到标题时没有警觉，当他们读到第二段时也肯定大吃一惊。

> 这种细胞在疫苗生产与研究方面的应用越来越广泛……但是现在看来，WI—38细胞的存量只够再使用几年了。而且，国家卫生研究院去年8月决定从海弗利克实验室收回的那些现存的安瓿中，有许多已经受到细菌污染，这个事实或许会让它们不适合制备疫苗，进而使短缺问题更加严峻。[909]

无论这篇文章对供应危机的预测是否准确，它都让疫苗生产者受到了惊吓。所以，他们转而使用英国科学家按照海弗利克的方法制备的MRC—5细胞，它是1966年由伦敦的医学研究委员会以一个流产胎儿的肺组织培养的。

在西点，默克的疫苗主管希勒曼要求普罗沃斯特停止使用WI—38细胞研发公司的甲肝疫苗；普罗沃斯特需要重新开始，用MRC—5

细胞研发。[910]在法国，梅里厄研究所停止使用WI—38细胞研制新狂犬病疫苗，转而使用MRC—5细胞。几年后，1981年，默克公司在放弃研制自己的水痘疫苗，从大阪大学微生物疾病研究所获得冈氏疫苗的授权后，并没有以WI—38细胞培养这种新获得的疫苗，而是使用了MRC—5细胞。[911]又过了几年，默克公司在改进冈氏疫苗来研制带状疱疹疫苗时，使用的也是MRC—5细胞。

在1976年发表于《科学》期刊上的那篇文章中，韦德最后的总结似乎一语成谶："海弗利克的真正悲剧并不在于国家卫生研究院的调查，也不在于斯坦福大学对他的处理，而在于他对WI—38细胞未来的明显影响。"[912]

故事的结局并不非常明确。在美国，WI—38细胞仍然用于生产三种重要的疫苗。惠氏自1960年代初从海弗利克那里获得WI—38细胞后，一直用它为美国军方生产腺病毒疫苗，以取代五角大楼1958至1963年间使用的被猿猴病毒污染的疫苗。[913]到1960年代末，超过25万名美军新兵在临床试验中接种了这种以WI—38细胞生产的新腺病毒疫苗。试验证明，这种疫苗可以非常有效地帮助在军营近距离共同生活的士兵预防恼人的呼吸系统感染。1971年，五角大楼开始让每年的数十万新兵口服这种疫苗。1976年3月，WI—38细胞大败的新闻爆出后，惠氏并没有改变路线。惠氏也没有停止使用WI—38细胞制备其结局悲惨的狂犬病疫苗。

然而，与默克公司在1970年代中期毅然决定研发普洛特金的风疹疫苗时所面对的客户群相比，腺病毒疫苗和狂犬病疫苗的市场很小——美国每年约有2万至3万人在被咬伤后接种狂犬病疫苗。除数千万较大儿童要补种以外，美国的每名学步儿童都要接种风疹疫苗——1970年代中期每年都有超过300万学步儿童。（1990年，疾病控制中心在儿童免疫计划中增加了一剂风疹疫苗，在入学前接种，这立刻让默克公司的客户群翻了一番。）[914]

尽管韦德在《科学》期刊上的文章引起了警觉，但是坚持抓好细节和流程的希勒曼似乎很满意自己拥有足够的WI—38细胞，可以让几代美国儿童接种上风疹疫苗。即便他还没有获得足够的细胞，在《施赖弗报告》发布后，他也很快就能获得了。

在《纽约时报》和《科学》期刊的两篇文章引爆媒体后，默克公司表示，与海弗利克签订的那份确保公司有权以最高100万美元的价格购买最多250瓶年轻细胞的大合同从未履行过。相反，默克的一位工作人员表示，公司只从海弗利克那里购买了"较少量"的细胞。[915]因此，可能的情况是，在施赖弗等人开始调查海弗利克后不久，希勒

曼就能够找到一个便宜得多的细胞来源了。

1975年底，政府的工作人员乘坐环球航空公司的班机，从加利福尼亚州海弗利克的实验室将细胞带回来，移交给美国典型培养物保藏中心，保藏中心的专家将细胞解冻，检测它们是否遭到污染。他们检测了最年轻的第8代安瓿，发现55支安瓿中只有7支没有被细菌污染。但是，细胞的指数级增殖能力意味着这7支安瓿能够发挥很大作用。美国典型培养物保藏中心的细胞培养专家让这7支安瓿中的无菌细胞又倍增了几次，得到120多支安瓿，每瓶里都有足够多的年轻细胞——倍增过十二三次的细胞，可以生产数亿剂疫苗。不久，食品药品监督管理局证实这些细胞是洁净的，可以用于疫苗生产。[916]疫苗生产企业能够以每瓶30美元的价格购买它们。[917]但是，《科学》上那篇文章给疫苗生产者造成了很大的恐慌，以至于似乎只有默克公司利用了这项优惠。

1996年，海弗利克依据《信息自由法》获得了美国典型培养物保藏中心当时拥有的可用于制备疫苗的WI—38细胞的清单。清单显示，保藏中心仍然拥有101瓶年轻、无菌的细胞，另外还有20瓶保存在新泽西州卡姆登的一家细胞存储机构——科里尔医学研究所。（细胞库通常会在其他地点保存备份细胞，以防自然灾难等不幸事件导致损失掉全部细胞。）这121瓶传代过十二三次的细胞，来自从海弗利克实验室收回的那7瓶原代无菌细胞中的6瓶。清单显示，用其中第7瓶细胞（编号52B）增殖得到的细胞已经完全没有了。有可能默克公司在1970年代购买去制备普洛特金风疹疫苗的就是这些细胞。

2016年6月，另一些依据《信息自由法》公开的信息显示，1996至2016年间，美国典型培养物保藏中心里可用的WI—38细胞只减少了18瓶。（这18支安瓿中，至少一部分或者全部是默克公司用掉的。）也就是说，撇开安全保存在科里尔医学研究所的那20瓶细胞，还有83瓶可用于制备疫苗的WI—38细胞保存在美国典型培养物保藏中心，由监控摄像头、警报系统和锁24小时保护着，等待有人来使用。

第二十四章　生物公司

华盛顿特区，**1980**年

> 山里有金子，你刚好碰到一块，如果有人要花钱买它，你没有理由把它留在地里。生物学就是这样；它是让知识和商业发酵的巨大温床，生物学家可能发现生命的众多奥秘之一，同时迅速获得财富。

——威廉·J.拉特，加利福尼亚大学旧金山分校生物化学系前主任，生物科技企业凯龙公司1981年成立时的联合创始人，1992年[918]

海弗利克经常用一些大词形容他在1976年起诉美国政府带来的影响。他称赞这次起诉“扭转了几乎整个生物学界的观念模式”，让人们对学术界科学家是否能够通过其发明获利这个问题有了不同的看法。[919]他说，看到政府因为他声称拥有那些以X太太的胎儿制备的WI—38细胞而为难他时，许多同行开始相信，他们都应该有权通过自己的发明获利。

实际上，在整个1970年代，许多生物学家仍然坚定地反对商业的铜臭和动机玷污他们纯洁的事业。一位风投资本家将1970年代末斯坦福大学的全体教职工描述为“反对企业活动的堡垒”，尽管大学的行政部门努力为科恩和博耶的基因剪接技术申请了专利。[920]1980年，斯坦福大学生物学科班出身的新校长唐纳德·肯尼迪声称，他担忧斯坦福大学在专利申请方面的新兴趣可能危害重视自由和开放探究的学术传统。[921]另一位风投资本家布鲁克·拜尔斯回忆了1978年一件事情引发的反应。当时，加利福尼亚大学圣地亚哥分校的医学教授艾弗·罗伊斯顿创立了一家名为“杂交科技”的生物技术公司，生产治疗癌症的特定抗体。“有些像鲍勃·迪伦在1960年代开始插电表演，”拜尔斯说，“我们把［艾弗］视为先驱，他的同行则把他看作叛徒。”[922]

但是，变革到来了，而且来得很迅速：对于想成为企业家的生物学家，对于他们所在的大学，1980年是法律许可的剧变之年。汇聚起来造成这场剧变的力量远比海弗利克及其诉讼要强大得多。

1970年代末，美国经济陷入困境，失业率高企，通货膨胀触目惊心，生产效率不断降低，国际竞争压力越来越大。政治家们四处寻找

解决办法。政府资助的研究成果归于政府，这些成果获得专利后，政府会进行非独家授权，企业因而没有商业动力来开发它们，这种过时的做法导致大量科学发明滞留在大学里。这一观点渐渐得到政治家认同。数据不言而喻：1980年以前，在美国政府拥有的专利中，只有微不足道的5%在私人领域得到应用。[923]

正如伊丽莎白·波普·博曼在其杰作《创建市场大学》中所说，大学里的大多数发明人都至少在一定程度上接受了政府的资助，所以发明成果归政府所有造成的影响很广泛。在吉米·卡特总统治下，想看到变革的人——一群由政府和大学中的专利律师和专利经理构成的激进人士——撞上了南墙。卡特政府的官员相信，将所有权交给接受政府资助者无异于放弃纳税人已经付过钱、本该随意使用的发明。[924]1977年，新上任的卫生、教育和福利部部长约瑟夫·卡利法诺甚至停止作出弃权声明，这种弃权让诸如普洛特金的风疹疫苗和科普罗夫斯基的狂犬病疫苗之类的发明能够为其发明机构所有。[925]

经济恶化与卡特政府的固执反对之间的冲突——大学因弃权审批停止而焦虑地给其在国会的代表打电话——让两位重要的参议员接受了这样的观点，即“山姆大叔”近乎无处不在的所有权正在损害美国的创新。来自堪萨斯州的共和党参议员罗伯特·多尔与来自印第安纳州的民主党参议员伯奇·贝赫开始相信，把发明的所有权交给大学会加速商业化，增强美国的竞争力，创造就业岗位，并带来亟须的经济增长。[926]

1978年9月，贝赫与多尔提议立法，允许大学、非营利性机构及小企业有权拥有靠美国资助取得的发明，前提是它们尝试为发明申请专利，并且大学和非营利性机构要与发明人共享所得的专利使用费。[927]这项法案未包括大企业，这是为了弱化那种“政府免费赠送”的说法。[928][929]

关于这项法案的最初几场国会听证会于1979年5月举行。

与此同时，离两位参议员推动新法案之地一百码远的地方有一栋有列柱的宏伟大楼，美国最高法院正在里面准备听审一件案子，这件案子对于我们今天称为生物科技，但在1980年还几乎不存在的行业，具有里程碑式的重要意义。[930]1980年3月，最高法院的九位法官听取了微生物学家阿南丹·查克拉博蒂的论辩。查克拉博蒂是通用电气的员工，1972年为其发明的一种基因工程嗜油菌（假单胞菌）提交了专利申请。这种细菌与自然界细菌不同，它能够在多种环境中迅速、有效地将溢出的原油分解成无害成分，实际上这些成分还能为水生生物提供食物。美国专利商标局在1977年拒绝了他的申请，理由是不能为

生物申请专利。最高法院以5比4作出裁决，不支持专利商标局，并且发表了著名的观点，即国会意在使专利法律涵盖“太阳之下任何人造事物”。[931]一种生物只要真是人造的，是人类操控的产物，就可以取得专利。

1980年6月，戴蒙德诉查克拉博蒂案的裁决最终宣布。它打开了生物科技产业蓬勃发展的大门。从调节人生长激素产生的基因，到被修饰过基因而易患癌症的小鼠，再到在世纪之交被分离出来的有争议的人胚干细胞，几乎所有事物都成功申请了专利。衡量1980年这次裁决的影响，只需要对比前后的数据。1979年，在最高法院对潜在投资人明确表示生物制品完全可以取得专利前，美国只有十来家成立不久的生物科技公司，它们几乎没有营业额。2015年，美国有394家上市生物科技公司，总营业额高达1170亿美元，这还不算那些被大型制药公司收购的成功的生物科技企业。[932]1970年代末的其他发展也刺激了从1980年开始繁荣的生物科技。其中一项发展是风投资本得到了释放，原因是美国的资本收益税降低，以及美国劳工部放松管制，让巨额养老资金可以用于风险投资。另一项发展是国会决定不以法律控制新的基因剪接技术。[933]

在一定程度上受到戴蒙德诉查克拉博蒂案裁决的鼓舞，基因泰克公司上市了。这家公司由加利福尼亚大学旧金山分校富有创新精神的科学家赫伯特·博耶在1976年顶着同行的批评创立。这家成立四年的公司还没有任何产品——他们的第一种生物科技产品，基因工程胰岛素要在1982年才上市销售——但是在1980年10月公司上市的首日，其价值就飙升到了5.32亿美元，相当于2016年的15亿美元。到1980年底，博耶的身价高达6500万美元。[934]基因泰克公司是众多生物科技公司中的第一家，博耶是众多跻身商界的新创业生物学家中最引人瞩目、最成功的一位。

但是，即使是最高法院的裁决，其本身也并不能造就学术企业家。基因泰克公司以及其他由富有创业精神的生物学家迅速创立、得到风投资本家支持的企业，如果不是因为1980年最后几周发生的两件大事，仍会遇到严重的阻碍。

第一件事是，美国专利商标局在1980年12月2日批准了科恩和博耶就其革命性基因剪接技术申请的几项专利中的第一项——这些技术让科学家能够使用分子“剪刀”瞄准目标基因，将它们剪接到细菌中，从而大量生产相应的蛋白质。博耶的基因泰克公司和其他数十家新企业立即联系斯坦福大学和加利福尼亚大学，寻求这项技术的授权；两所大学都已在卡特政府上台前与美国政府协商好自己拥有专利权。到1981年底，有72家公司分别支付了2万美元，从这两所大学获得了这

项技术的授权。[935][936]

最终，有468家公司得到了这项技术授权。[937]

第二件事发生在十天后，12月12日。在任期即将结束时，吉米·卡特总统不情愿地签了字，使《贝赫-多尔法案》成了法律。这项法案已经在国会换届前的会议上获得通过，如果总统再不签字，或许要流产。总统签字后，各大学能够获得任何它们想要商业化的、由美国资助的发明的所有权。它们唯一的义务是将部分专利使用费分给学术界里的发明人，将其余的专利使用费投入发明人所在的机构。发现和发明不会再滞留在学术界里——得益于分子生物学的新工具，几乎每天都有许多发现和发明成为可能。学术界的科学家不会再因为通过自己的研究成果获利而受到质疑。

各大学纷纷设立技术转化办公室，招聘精明的专业人士来搜罗校内科学家最有前景的发明，为它们申请专利。每个人都想得到这个看似利润丰厚的收益来源。

有些发明确实挣了大钱。科恩和博耶的专利在到期前，为斯坦福大学和加利福尼亚大学赚了超过2.5亿美元。[938]哥伦比亚大学拥有一种将外源DNA插入宿主细胞的技术，可以用于生产治疗贫血、中风和多发性硬化等疾病的药物，他们利用该技术的多项专利赚了7.9亿美元。[939]

在《贝赫-多尔法案》颁布后的最初34年里，美国大学每年获批的专利数量增加了16倍，在2014年达到历史最高点，获批6400项。[940]（这是能获取的最新数据。）获批专利的大多是大型机构。[941]其中许多是医学研究机构，这在美国专利获得机构中占比非常高，并且所获专利远多于1980年以前各大学的专利记录。例如，在2012年，生物科技专利占美国全部专利的1%，但是这部分专利中就有25%是授予美国大学的。1980年，美国大学通过授权获得的收益可以说是微不足道，到2014年却超过了27亿美元。

1980年发生的这些变革标志着学术界开始接受生物学家创业。尤其是风投资本家纷纷露面，在唯一一个可以找到微生物学专家的地方——学术界争取他们，更促进了学术界的态度转变。

绝非人人都能得到机会。1985年一项对重要大学生物科技领域教职工的调查显示，只有8%的人在以其成果为基础创立的公司中拥有股本。[942]肯定有一些在大学工作的科学家会讽刺抱怨；他们被要求在仅仅够做一两项实验的时间内作出彻底改变，他们对此十分不理

解。大学期待他们不再仅仅以对科学的热爱、对更高尚利益的追求为动力；他们还要成为先行者，有一双能够为他们的机构，为他们自己寻找商机的眼睛。不过，他们还是适应了，调整了。今天，学术界的生物学家因创立、运营公司，或者为企业提供顾问、咨询服务而变得富有时，并不会被视为背叛使命的叛徒，而是被视为成功的典范。

海弗利克目睹了1980年发生的事以及它们的后续影响，感到特别讽刺。在此期间，他先是努力养家糊口，找到了比奥克兰那份不稳定工作更好的职位，接着又于1982年去了位于盖恩斯维尔的佛罗里达大学老年学研究中心担任主任。

海弗利克对政府的诉讼似乎准备好进入审理阶段了，1981年9月，双方在经过多次失败的尝试后，最终同意在庭外和解。此时，海弗利克和他的律师已经与国家卫生研究院纠缠了近五年。政府愿意和解，或许在一定程度上是因为里根的人接手了国家卫生研究院的上级机构、最近更名的卫生与公众服务部，在卡特政府治下，这家机构对海弗利克的敌意上达最高层。那些敌视海弗利克的人现在离开了。对政府而言，与海弗利克对簿公堂在政治上会很棘手，因为全新的《贝赫-多尔法案》已经生效，它强调大学可以将其发明商业化，并将部分现金收益给科学家本人。

政府愿意在1981年夏与海弗利克和解，还有一个尽管普通，但是很重要的原因：国家卫生研究院那位热衷于纠缠海弗利克的调查人员——施赖弗已经在1980年3月退休了。因他即将离开，负责这个案子的司法部律师文森特·特尔勒普很灰心。特尔勒普写信给国家卫生研究院的副院长托马斯·马龙，说施赖弗“在这个案子的进展中给了我极其宝贵的帮助，我认为要想最终成功，他的参与必不可少”。[943]特尔勒普劝国家卫生研究院聘请退休的施赖弗担任顾问。但是，施赖弗的薪资很高，而且这件诉讼进展缓慢，结果也不确定，在这种情况下聘请他的代价似乎太高。[944]

1981年9月15日，海弗利克、其细胞联合公司，以及国家卫生研究院签订了庭外和解协议。这份协议自称是一种“妥协”。根据协议条款，各方承认，关于国家卫生研究院发布《施赖弗报告》是否违反《隐私法案》的问题，以及谁拥有WI—38细胞的问题，都“存在合理的争议”。在“没有任何一方承认承担责任”的情况下，各方在协议上签了字。[945]

根据这份和解协议，海弗利克获得了对6瓶第8代原代WI—38细胞及其增殖细胞的所有权。协议规定，这些细胞将用于他目前开展的细胞老化研究资助项目。国家卫生研究院则获得了其持有的其他第8

代细胞的所有权。

海弗利克宣布对其他任何人持有的任何年龄的WI—38细胞放弃所有权，包括对政府持有的部分，但政府在1975年夏清理他在斯坦福大学的冷柜后留下的几瓶较老细胞除外。他获得了这几瓶细胞的所有权，而且“没有使用限制”。

由于利率极高，海弗利克出售细胞获得的那6.7万美元已经增长到9万美元。[946]政府将这笔钱全部让与了海弗利克，而他立即签字将这笔钱转给了威廉·芬威克，以支付近六年来的法律服务费。

几个月后，一群海弗利克的支持者在《科学》上发表来信，呼吁人们关注和解。这封信意义重大，因为它激烈谴责了国家卫生研究院对待海弗利克的方式，还因为它签名者众多：总共85位科学家，包括一些不太知名的生物学家，也包括一些生物学界的泰斗，如纪念斯隆-凯特琳癌症中心才卸任的院长刘易斯·托马斯，以及受人尊敬的病毒学家约瑟夫·梅尔尼克。[947]

这封信的作者们认为，和解协议宣布了海弗利克“无罪”。他们还写道，他们许多人都希望海弗利克没有接受和解，坚持在法庭上起诉政府。不过无论如何，“海弗利克经历的磨难需要勇气，有时要孤身面对，不仅伤害了他的感情，也摧毁了他的事业，从这方面看，和解是个好结果”。

签名的科学家表达了生物学界一部分人的强烈意见，他们认为海弗利克遭到了国家卫生研究院极其不公的对待，而且显而易见的是，那些推动政府进行调查的人显然对海弗利克使用了下流的、针对个人的、赶尽杀绝的手段。（国家卫生研究院的主要调查人施赖弗甚至在退休后还进行过私人干预，想干扰佛罗里达大学聘用海弗利克。）但是，就像几年前海弗利克写信给《科学》期刊为自己辩护并且严厉谴责政府一样，这些写信给《科学》期刊的愤怒的生物学家并没有承认或提及海弗利克出售WI—38细胞而获利数万元的事情。[948]就算是专利相关法律经历了剧变，在1981年还有今天，它们也不允许大学里的生物学家带着由美国政府资助研发、未申请专利的细胞离开大学并出售它们。

第二十五章　解释海弗利克极限

加利福尼亚州斯坦福，**1973**年——**1974**年夏

伯克利、波士顿等地，**1978—2009**年

> 我们仍然需要探讨年轻与年老，探讨生与死。对它们有了确切了解，我们对动物的研究就完成了。
>
> ——亚里士多德，《论生命的长短》，公元前350年

在他与穆尔黑德合著的那篇论文中，海弗利克对半个世纪以来的既成观点——如果处理得当，培养细胞可以月复一月、年复一年地不断分裂——提出了巨大的挑战。[949]他在1965年的一篇论文中进一步指出，实验室培养皿中的细胞会死亡，这或许与包括人类在内的所有生物体的老化有关。[950]

一开始，他遇到了不少阻力。颇有影响力的细胞培养专家西奥多·普克公开挑战他的发现；1961年，年轻的海弗利克曾经在大西洋城那场拥挤的讲座上站起来向普克提问。《科学》期刊在报道1965年的一场会议时说，关于培养细胞是否会老化，普克和海弗利克之间“分歧明显”，普克在这场会议上称，他培养出了分裂500次而没有死亡的正常细胞。[951]像其他许多知名生物学家一样，普克认为海弗利克培养的细胞之所死亡，是因为他的细胞培养方法存在技术缺陷。[952]只有时间能够明确证明，普克尽管声名显赫，他的观点毫无疑问是错误的。1974年，广受尊敬的诺贝尔奖得主弗兰克·麦克法兰·伯内特爵士承认，“很可能大多数人认为”海弗利克观察到的培养细胞死亡“表明了细胞的一种重要的生物学特性，这种特性对于解释老化具有重要意义”。[953]

伯内特创造出了“海弗利克极限”这个术语，描述正常、非癌细胞在停止分裂前能够达到的最大复制次数。它不仅在科学界，也在流行文化中深入人心。如今，你可以买到印有“海弗利克极限”的T恤；它在2004年的恐怖电影《狂蟒之灾2：搜寻血兰》中扮演了重要角色；它还给至少一个车库乐队带来了命名灵感。

海弗利克的发现打开了一个全新的领域——针对细胞老化的实验

研究。1970年代初，它吸引着许多生物学家。1974年，美国国会在国家卫生研究院的众多研究机构中，新设立了国家老化研究所。（国会设立这家研究所，部分原因在于乔治城一位富有的寡妇弗洛伦丝·马奥尼坚持不懈地带头游说。理查德·尼克松总统曾两次否决设立该研究所的议案。1974年8月，在他被迫辞职之前几周，这项议案第三次送到他桌上，他最终签了字。）

和其他人一样，海弗利克也关注细胞老化研究，关注那些由他的发现而提出的众多问题。培养皿中的细胞老化是否仅仅是人类老化的微观对应物？细胞老化的原因是什么？随着时间的推移，细胞的复制能力会耗尽，这其中是否存在某种必不可少的因素？细胞的老化是步伐一致的，抑或在不同细胞之间存在区别？是否与基因有关？在他最初的几次实验中，冷冻的胎儿细胞如何在解冻时“记得”自己的年龄？不同物种的细胞是否有不同的海弗利克极限？它与动物的自然寿命一致吗？问题无穷无尽。

1965年，海弗利克在《实验细胞研究》上发表论文，探讨了其中最明显、最吸引人的一个问题，1961年他就是在这份期刊上发表了那篇开创性论文的。与胎儿的细胞相比，成人的细胞在到达海弗利克极限之前分裂次数是否更少？从位于明尼苏达州罗切斯特的梅奥诊所的一位同行那里，海弗利克从8具遗体获取了肺细胞；这8人中最小的26岁，死于车祸，最年长的87岁，死于心脏衰竭。他发现，与他从人胎获得的13个肺细胞株相比，成人肺细胞在变老并停止分裂前复制的次数要少得多。胎儿肺细胞在停止分裂前平均复制49次；8个成人细胞株平均分裂20次便凋亡了。[954]

这在直觉上讲得通，但是他的数据显示，在老化过程中，我们的细胞并不是简单地沿着一条可预测的路径逐渐接近海弗利克极限。年轻车祸遇害者的肺细胞在培养皿中只倍增了20次，而87岁的心脏衰竭者的肺细胞则复制了29次才到达海弗利克极限。[955]最年长者的肺细胞的倍增次数实际上多于另外7人的肺细胞，而那7人大多是五六十岁。

“［成年］遗体捐献者的年龄和所得细胞株的可倍增次数之间，似乎不存在确切的联系。”海弗利克写道。或者，即使确实存在联系，“也无法用当前的简陋方法检测出来”。他写道，明确的是，在通常的观察中，在培养皿中最终停止分裂前，成人肺细胞的倍增次数远少于胎儿肺细胞。此后十五年，其他科学家的论文将明确证实，细胞的倍增潜力确实与捐献者的年龄成反比，对于多种差异很大的细胞都是如此，比如皮肤、肝脏和动脉内壁平滑肌的细胞。[956]

让情况更复杂的是，1980年《科学》期刊上的一篇文章表明，甚至从8位死者肺上随机切下的是哪些细胞，都无疑影响了海弗利克的发现。这篇论文的两位作者是生物学家詹姆斯·R.史密斯和罗纳德·G.惠特尼，他们在位于纽约州普莱西德湖的W.奥尔顿·琼斯细胞科学中心工作。论文祛除了人们的一种观念，即单一组织中的细胞是完全相同、预先编排的实体，都在严格地朝着一条预先设置的终点线前进。[957]史密斯和惠特尼从流产胎儿取得一个肺细胞进行培养，在其增殖的过程中不时提取出一两百个细胞。他们再测试提取出来的每个细胞，看它们还能分裂多少次。他们发现，这些细胞的剩余倍增次数差别巨大。

他们深入研究，取来由一个胎儿肺细胞分裂得到的两个子细胞，分别统计这两个子细胞产生的细胞群能够倍增多少次。他们用不同的单个细胞，多次重复这个实验。他们惊讶地发现，同一个细胞的两个子细胞的增殖能力并不相同，相差多达8次。[958]在谈及关于为何存在海弗利克极限的各种理论时，他们总结道："显然，应该按照我们的数据重新检验目前的所有假设。"

对于这个困惑，至少有一件事清楚了，这得益于海弗利克的研究生伍迪·赖特的努力。伍迪·赖特长着红胡子，是一名年轻的生物学家，曾在斯坦福大学医学院修读医学博士学位。在海弗利克的指导下，赖特做了一系列简洁的实验。他对培养的WI—38细胞使用一种化学品，细胞松弛素B。高剂量下，细胞松弛素B将WI—38细胞的细胞核排出，得到仅含细胞质、没有细胞核的胞质体。[959]赖特再使用另一组化学品处理正常的WI—38细胞，对细胞质中的多种成分灭活。接下来，他将无细胞核，但细胞质完好的胞质体与剩有细胞核的WI—38细胞混合。

赖特能够以此进行一系列混合搭配实验，造出细胞核年轻但细胞质年老的细胞、细胞核和细胞质都年轻的细胞、细胞核年老但细胞质年轻的细胞，以及细胞核和细胞质都年老的细胞。他分别观察每一种混合细胞，看它们在达到海弗利克极限之前还会分裂多少次。如果决定细胞老化的关键在细胞质，那么无论细胞核年龄如何，拥有"年轻"细胞质的混合WI—38细胞存活时间都比拥有"年老"细胞核的长得多。但是，如果决定细胞老化的关键在细胞核，那么无论细胞质年龄如何，拥有较年轻细胞核的细胞都应该存活得更久。赖特发现，结果是后者。

1975年，在赖特完成了博士研究，踏上了探寻老化奥秘的漫长职业之路之际，他与海弗利克合作发表了实验的结果。[960][961]

他已经恰当地证明，控制WI—38这种正常二倍体细胞倍增次数的因素存在于细胞核，而非细胞质中。几年后，海弗利克会将这种因素命名为“复制计”。[962]与计量时间的钟表不同，复制计衡量的是细胞的复制次数。细胞不进行复制，比如冷冻起来时，复制计会停止记录次数。

记录复制次数的机制存在于细胞核中，并不令人惊讶。我们知道，细胞核控制着细胞生命的无数重要机能。但是，发现这种机制与理解它差距巨大。对它的梳理是20世纪末生物学界的精彩故事之一，因为它表明，对人类健康影响巨大的重大发现可以存在于有机体中最意想不到的地方，存在于基础生物学的深处，可以出自强大的科学好奇心，出自科学家们的观点分享和相互启发。它还将1960年代海弗利克那种打破传统观念的观察结果，与在近五十年后使其他科学家获得诺贝尔奖的多项发现联系起来。

1938年，诺贝尔奖得主、美国遗传学家赫尔曼·穆勒描述了染色体末端类似于DNA保护帽的东西，它们就像鞋带头上防止磨损的小塑料套。他将它们命名为“端粒”（telomeres），由希腊语中的“*telos*”和“*meros*”构成，意为“末端部分”。[963]三年后，美国另一位诺贝尔奖得主、伟大的遗传学家芭芭拉·麦克林托克描述了端粒在保持染色体完整方面的关键作用。[964]

两位生物学家都研究了断裂的染色体，并注意到自然状态下染色体的末端都受到了某种保护，不会像在由辐射或碎裂诱发的非自然染色体断裂中那样出现异常。他们的观察结果非常吸引人，但在接下来四十年的大多数时间里都未能得到解释。当时只是没有可用的方法来做进一步探究。

1953年，詹姆斯·沃森和弗朗西斯·克里克揭示了DNA的分子结构，开启了逐步研发这类方法的进程。不久，阿瑟·科恩伯格发现了一种重要的酶——他是吸引海弗利克去斯坦福大学的三位著名“伯格”之一。科恩伯格描述了DNA聚合酶——它会帮助细胞复制DNA，为细胞分裂做好准备——并且深入研究了这种酶的工作原理，即将自己连接到一条长长的DNA上，沿着DNA链移动，转录这份DNA字母表上的字母。1959年，科恩伯格因这项发现获得了诺贝尔奖。

1966年秋的一个夜晚，一名年轻的俄罗斯生物学家顿悟，将科恩伯格发现的这种极其重要的酶与海弗利克极限联系起来。阿列克谢·奥洛夫尼科夫在苏联科学院加梅拉亚研究所（Gamelaya Institute）做博士后研究。他在莫斯科大学听完了一场关于美国科学家伦纳德·海弗利克的全新发现的讲座，当时正在回家的路上。“海弗利克极限的新颖

和美妙让我极其震惊。”他后来写道。[965]

奥洛夫尼科夫一边琢磨讲座的内容，一边走进地铁站。在站台上听着列车进站的轰鸣，他突然想到可以把轨道巧妙地比作DNA，将轨道上奔驰的列车比作DNA聚合酶——聚合酶沿着DNA链移动，复制DNA，为细胞分裂做好准备。但是，正如列车前部与第一扇车厢门之间的铁轨是一个“死区”——列车的全部用途是载客，因此这一部分是“死区”——或许染色体的末端也有一个无法被DNA聚合酶复制的死区，尽管DNA聚合酶的全部目的是复制DNA。果真如此的话，一个细胞的基因组——其一生的说明书——会在终生的多次细胞分裂中逐渐缩短，因为染色体末端的DNA在每次复制时都会损失一点。不停损失轨道的铁路是难以维持的。

在接下来的四年里，奥洛夫尼科夫都坐莫斯科地铁上下班，在他曾顿悟的那座地铁站里等车时，他思考海弗利克极限，发展自己的理论。他最终在1971年用俄语发表了他的理论。[966]他提出，DNA聚合酶无法复制每条染色体末端的DNA，所以染色体不可避免地在每次细胞分裂时都会缩短一点。但是，他补充道，染色体末端，即端粒上的DNA或许无足轻重，不包含任何对细胞生命至关重要的信息。如果是这样，就可以牺牲端粒DNA，在复制过程中将其逐渐砍掉，而完整保留那些影响细胞生命的重要DNA。[967]也就是说，端粒起着缓冲作用。不过，它们是有限的缓冲物，会逐渐缩短，直至端粒DNA耗尽，这就是海弗利克极限。此时，细胞要继续复制就会消耗影响其生命的DNA，所以细胞停止分裂了。奥洛夫尼科夫还预见性地推测，癌细胞或许有某种机制，让端粒不缩短，进而让它们不死。[968]

在由西方主导的科学界，奥洛夫尼科夫的理论长时间未得到关注，即使在1973年其论文的英译文发表之后也是如此。[969]1972年，曾在二十年前与弗朗西斯·克里克共同发现DNA结构的詹姆斯·沃森，独立提出了DNA聚合酶无法复制染色体端粒DNA的理论。[970]尽管沃森没有像奥洛夫尼科夫那样将自己的理论与海弗利克极限和癌症联系起来，但是他的论文让后来被大家称为“末端复制问题”的现象受到了重视。

无论如何，奥洛夫尼科夫的观点在发表时都是假设性的，没有任何实验证据支持。提供这种证据的探索由三位美国科学家引领，这一探索也在近四十年后带来了一项诺贝尔奖。这三位科学家是：一位来自加利福尼亚的雄心勃勃、有阅读障碍的研究生，一位父母都是澳大利亚医生的理智而精力充沛的女性，以及一位不喜欢竞争、移民来波士顿的加拿大人。

伊丽莎白·布莱克本的父母都是澳大利亚塔斯马尼亚州的医生，她从小就对自然界很着迷，经常捧起被海浪冲上沙滩的海蜇，甚至还给它们唱歌。[971]1970年代中期，她在耶鲁大学做博士后，开始研究嗜热四膜虫。这是一种生活在水塘中的单细胞微生物，表面覆盖着头发一样的细小突起，叫作纤毛。科学家热衷于研究四膜虫，因为它们价格便宜，生长迅速，同时又拥有更复杂有机体，比如人类体内常见的细胞进程。对布莱克本而言，非常重要的是，四膜虫有大量的微型染色体。这为她提供了研究端粒的充足材料；端粒的机能已经使科学家困惑了数十年，也吸引着布莱克本。

她开始测定嗜热四膜虫的详细DNA序列。尽管基因测序在当时还是新技术，但布莱克是使用它的理想人员——她师从基因测序先驱、诺贝尔奖得主弗雷德里克·桑格，由他指导在剑桥大学完成了博士研究。布莱克本的论文是与她在耶鲁大学时的导师约瑟夫·加尔合著的，不过论文发表于1978年，当时她已经成为加利福尼亚大学伯克利分校的分子生物学副教授。论文表明，四膜虫染色体的末端有一小段含有六个碱基的DNA序列，即CCCCAA，这段序列重复了20至70次。[972]她的发现具有开创性。此前，从未有人描述过任何物种染色体末端的分子结构。很快，科学家们对其他简单生物体的端粒进行了测序，发现它们的染色体端粒也有一小段重复多次的DNA序列。

在美国另一边的波士顿，哈佛大学医学院的年轻教授杰克·绍斯塔克正在他位于西德尼·法伯癌症研究所的实验室里，努力理解一种特别不同的单细胞微生物——面包师和酿酒师的酵母菌——是如何应对DNA碎片的。绍斯塔克将线性的、无端粒保护的人工合成DNA链植入酵母菌中，结果这段DNA要么嵌入了一条染色体，要么完全毁掉了。在少数情况下，这条DNA链的两端会连起来，形成一个DNA环。绍斯塔克植入的DNA从未作为线性链幸存下来，因为它们与天然染色体不同，链的两端没有保护性的端粒。后来，在1980年夏的一场会议上，绍斯塔克听到布莱克本讨论她的研究工作，便与她接洽。在激烈的讨论中，两人想到一个主意。绍斯塔克后来回忆说这是个“异想天开的主意”。[973]他们要将四膜虫的端粒嫁接到绍斯塔克在实验室中合成的微型染色体的末端，再将染色体植入酵母菌。或许，嫁接的端粒可以保护绍斯塔克的染色体。

布莱克本和绍斯塔克发现，他们的大胆设想得到了证实。嫁接了端粒的微型染色体没有降解。出于某种原因，四膜虫端粒中那段由六个碱基组成的重复DNA序列保护了染色体的末端，即使在极其不同的微生物中，也是如此。（现在我们已经知道，对于人类和其他哺乳动物，端粒的特殊DNA序列会吸引一组蛋白质——贴切地称为“端粒结

合蛋白”，在脆弱的染色体末端形成一个保护帽，阻止细胞“认为”这个染色体末端是开放、断裂的，进而尝试修复它；如果修复工作失败，这个过程可能最终导致细胞自杀。）

1982年，布莱克本和绍斯塔克将他们的发现发表在知名期刊《细胞》上。[974]现在，一个新问题出现了。按照末端复制问题的说法，酵母菌的染色体端粒应该在每次分裂时都缩短一点，直到端粒耗尽，重要DNA开始被损耗。对单细胞微生物，这与存活不相容。酵母菌这样的单细胞微生物，要么能够无限复制，要么死亡。这类微生物必须拥有某种机制，可以对抗末端复制问题。不久，布莱克本和绍斯塔克同前者的研究生贾妮斯·香佩合作，证明了在酵母菌复制时，其染色体端粒会被额外的小段DNA延长。[975]实际上，酵母菌似乎在“努力”地让自己的端粒长度保持大致恒定。

三位科学家提出，或许有一种酶能够通过添加小段重复的DNA，在端粒部分延长染色体。这种酶的工作机制应该与强效的DNA聚合酶极为不同；聚合酶在细胞分裂时复制细胞的全部DNA——棘手的末端除外——但是它需要可供复制的模板DNA。

1984年圣诞节当天，在布莱克本位于伯克利的实验室里，23岁的博士生卡罗尔·格雷德在观察一张才冲洗出来的X光照片，她发现了一件完美得令人难以置信的事情。[976]它首次确切证明了端粒延长酶的存在。在这张X光照片上，可以看到一连串整齐的、梯子状的端粒带。端粒带整齐规律，表明在格雷德制备的、包含合成端粒和四膜虫细胞提取物的试管混合物中，那种假定存在的酶在端粒上添加了六碱基DNA片段——端粒重复序列。[977]（格雷德又通过进一步的实验确认自己这些似乎过于完美的发现确实真实。这之后，格雷德回到家里，伴着布鲁斯·斯普林斯廷的《出生在美国》跳了一整支舞。）

等到1990年，布莱克本及其在伯克利的几位同事才确切证实了这种酶在活体微生物中的活动。[978]那时，它已经有了名字：端粒酶。它是一种复杂的、不同寻常的酶，格雷德和布莱克本之前已经说明，它拥有自己的基因编码模板，因此可以附在染色体末端，即DNA聚合酶无法复制的部分，开始往上面添加物种所特有的端粒重复序列。[979]

这些发现如何绕回半个世纪以前，与海弗利克发现的培养瓶中成纤维细胞的老化联系起来呢？格雷德和加拿大安大略省汉密尔顿市麦克马斯特大学的年轻科学家卡尔文·哈利交谈后，这两个时代的发现才联系起来。格雷德经常从伯克利去麦克马斯特大学看望男朋友布鲁斯·富彻。富彻与哈利在同一间实验室工作；他是加拿大人，长着小胡

子，彬彬有礼，从小就对老化问题很着迷。[980]

哈利给格雷德讲了一个她从未听过的复杂理论。这个理论是1971年由一名在莫斯科地铁站顿悟的俄罗斯年轻人提出的。格雷德了解了阿列克谢·奥洛夫尼科夫的理论：细胞会达到海弗利克极限是因为末端复制问题，即细胞以某种方式感知到继续复制会损耗关乎生命的重要DNA时，就会停止分裂。二十年前，奥洛夫尼科夫没有技术验证他的理论。但是，科学家已于1988年发现了人类端粒序列TTAGGG。[981]格雷德已经博士毕业、在纽约长岛冷泉港实验室工作，她在一场会议上听说了早些时候的这项发现，便打电话将这个消息告诉了哈利。现在，她、哈利和富彻有现成的方法可以验证奥洛夫尼科夫的理论。他们可以提出并回答这个问题：人类端粒的长度会随着时间发生什么变化？

他们培养了几种人体组织的成纤维细胞，包括胎儿肺组织，新生儿皮肤，以及24岁、71岁和91岁成人的皮肤。在细胞复制的过程中，他们定期测量染色体的长度。无论最初的长度是多少，所有细胞的染色体末端都会随时间推移而逐渐变短；而胎儿和新生儿的端粒的起始长度要长得多。平均来看，细胞在死亡前，端粒最终会失掉2000个碱基，或者说在每次细胞分裂时会失掉约50个碱基。这些发现十分契合末端复制问题。细胞在最终停止分裂时，端粒中平均还剩约2000个碱基。三位科学家推测，这些碱基可能只是没有功能的残余。1990年，《自然》期刊登出了他们的论文。三人抱持典型的学术谨慎态度写道，他们的发现“可能具有重要的生物学意义”。[982]

在这项实验中，为什么端粒酶没有“拯救”细胞，没有通过添加重复序列来保护端粒呢？答案只能是，端粒酶并非在所有的人细胞中都活跃。实际上，其他科学家很快就证明，大多数类型的人细胞中都不存在端粒酶。

哈利、富彻和格雷德的论文发表后，公众想到了一个简洁明了的概念：端粒逐渐耗尽，细胞停止分裂并最终死亡，这就像蜡烛一样，越烧越短，最终熄灭。这种观念很有吸引力，对于寻找不老泉的人来说尤其诱人。不难想象，试管中的变化或许也发生在人体内：老化造成的各种问题，从皮肤松弛到头发渐疏，再到各种老年病，都源于染色体端粒的损耗，而端粒酶或许可以使人免于衰老。布莱克本后来告诉作家斯蒂芬·霍尔，这种观念“很迷人，简单到只有傻子会相信”。[983]

这并未抑制人们的热情。1990年，一家名为杰龙的公司在加利福尼亚州门罗帕克成立，公司看好端粒酶在抗老化方面的前景。杰龙的

科学家敏锐地意识到，哈利、富彻和格雷德证明了端粒缩短和细胞老化之间的联系，但是正如三位科学家指出的那样，他们的发现并未证明端粒缩短导致了细胞老化。几年后，杰龙的科学家与海弗利克从前的研究生伍迪·赖特及其在达拉斯得克萨斯大学西南医学中心的团队合作，开展了一项旨在揭示端粒缩短是否导致了细胞老化的实验。他们将端粒酶加入两类细胞：人包皮成纤维细胞与视网膜成纤维细胞。他们还为两类细胞分别设置了控制组，不加入端粒酶。

控制组细胞分裂达到海弗利克极限，表现为老年细胞，并停止分裂。加入端粒酶的两组则没有出现这种现象。相反，它们生长得很好，端粒依旧很长，在海弗利克极限之后继续旺盛分裂，并且染色体完全正常；它们不是以某种方式绕过了细胞分裂极限的癌细胞。在实验论文发表时，富含端粒酶的细胞复制次数已经超过正常次数至少20次。这些科学家无疑证明了实验室中端粒缩短与细胞老化之间存在因果关系。新论文于1998年发表于《科学》期刊，它的标题相当吸引眼球："加入端粒酶可为正常的人细胞延长寿命"。[984]

媒体随后疯狂报道。《纽约时报》在头版突出报道了这条新闻，六天里刊载了两篇相关文章。[985]"我以前觉得，在有生之年我都看不到这个。"海弗利克在《旧金山纪事报》的另一篇头版文章中说。[986]杰龙的股价在1997年最后一天是每股7.8美元，到1998年1月16日，也就是《科学》期刊发表那篇论文当天，已涨到了每股12.7美元。二十个月后，杰龙的股价仍然是11美元左右，《财富》杂志评论说："这家敢于冒险的小公司实现了生物科技史上最高的收益比。"[987]但是，故事的结果在商业上很令人失望。2016年夏，成立已经二十六年的杰龙公司还未从美国食品药品监督管理局那里获得任何产品许可，于是放弃研究抗老化，转而研究癌症。其股价跌到了每股不足3美元。

端粒和老化之间的关系显得极其复杂。实验室细胞的端粒损耗，并不能视为包括人类在内的完整生物体老化的单一原因。首先，不同于生长到海弗利克极限，随后停止分裂的培养细胞，我们身体里的大部分细胞很少分裂。在我们一生中，细胞或许并不会耗尽端粒——1965年海弗利克研究了不同年龄死者的细胞，结果十分清楚地说明了这一点。（记得那位87岁死者的肺细胞吗？它们在培养基中又分裂了29次。）此外，我们现在知道，细胞老化还可能是受到了某些能够完全绕开端粒的机制的影响，如慢性炎症与氧化应激；在氧化应激中，细胞代谢的有毒副产物会直接破坏蛋白质等细胞成分。

然而，一群罕见遗传疾病的患者提供了重要的证据，证明端粒长度对人类老化的直接影响。统称为"短端粒综合征"的疾病的患者，他

们的端粒长度特别短，会患一系列与年龄相关的典型退行性疾病。[988]通常，这些疾病会表现在分裂频繁的细胞中，如在器官受损时起修复和维持作用的干细胞，或每天生产数十亿血细胞的骨髓干细胞。例如，短端粒综合征患者会患上再生不良性贫血——骨髓中的造血细胞不能正常工作，循环系统中各种血细胞的数量降到危险水平。[989]

反之也成立吗？端粒较长说明人更健康吗？一些吸引人的发现表明这种说法有道理。科学家对数十位健康的百岁老人展开一项研究，结果显示，与普通寿命的受试者相比，健康的百岁老人及其子女尽管年龄增长，但都保持着较长的端粒。结果还显示，较长的端粒与更高的心理功能、更健康的血脂水平和更少的老年疾病相关。[990]不过，这项研究并未证实两者之间存在因果关系。它只表明存在相关性。

重要的是，端粒酶与癌症有关。杰龙公司的科学家——以及其他地方的团队——证明，与大多数正常细胞形成对比的是，癌细胞中的端粒酶具有活性。他们与得克萨斯大学西南医学中心的赖特及其同事杰里·谢伊合作，对101份人肿瘤组织和50份人正常组织进行活组织检查，检测其中端粒酶的活性。90份肿瘤样本中端粒酶具有活性，而正常组织样本中则全都没有活性。[991]1994年，他们的论文在《科学》期刊发表后，对端粒酶在癌症中的作用的研究急速增加。[992]最近的研究成果包括几篇论文，它们显示在因遗传性变异导致端粒酶活性增强的家族中，恶性黑色素瘤（一种皮肤癌）和神经胶质瘤（一种脑瘤）的发病风险更高。[993]生物学家还发现有证据表明，细胞停止自身分裂，即抄短路以达到在海夫利克极限之后所呈现的停止分裂状态，这一能力或许可以发展为一种极其重要的抵抗癌症的机制。

如同端粒酶在癌症中所扮演的复杂角色一样，现今，端粒缩短和老化之间的联系仍然是研究热点。我们现在知道，影响端粒长度的因素多种多样，有内部的，也有外部的。它们清楚地表明，端粒并不像上紧发条的钟表，不是在我们处于子宫内就开始计时，一成不变地朝着可预测的预定终点前进。遗传扮演着一定的角色：我们当中有些人运气好，遗传到了比普通人更长的端粒。此外，环境因素也有一定的影响。

今天，生物学家正在探究这样的基本问题：到底是什么让端粒从短得危险发展到不起作用？细胞达到海弗利克极限时，分子层面上到底发生了什么？在达到海弗利克极限时，细胞信号奏出了什么样的复杂交响乐，导致细胞停止了分裂？他们每找到一个新答案，就会引发一系列更深刻的问题。

2009年12月，瑞典国王卡尔十六世·古斯塔夫在斯德哥尔摩为布

莱克本、格雷德和绍斯塔克颁发了诺贝尔生理学或医学奖，奖励他们发现端粒和端粒酶对染色体的保护机制。

海弗利克描述了一个现象。三位诺贝尔奖得主解释了它。

第二十六章　新兵传染病与梵蒂冈请愿

佛罗里达州拉戈

伊利诺伊州大湖海军基地

俄亥俄州克利夫兰、代顿、森特维尔

1999—2012年

> 我喜欢说，风疹疫苗防止的堕胎要比天主教狂热分子阻止的多好几千例。
>
> ——斯坦利·普洛特金，2013年6月27日[994]

1999年，生活在佛罗里达州克利尔沃特的44岁祖母黛比·文内奇成立了一个叫作神儿女爱生命组织的非营利性组织，反对人胚胎干细胞研究。一年前，科学家宣布分离出了这种多能性细胞，得到媒体广泛报道。它们可以培养成几乎所有类型的细胞，因此科学家希望用它们培养新的细胞和器官，来替代患病的细胞和器官。胚胎干细胞提取自生育诊所废弃的数天大的胚胎，而提取过程会使它们遭到破坏。这些细胞的来源让文内奇很烦恼。她自幼就是虔诚的天主教徒，痛恨在受精后的任何时刻毁灭人的生命。[995]

然而，在创立神儿女爱生命组织后不久，文内奇偶然在当地教区报纸上读到一篇文章，从此她的关注点从人胚干细胞转移开了。文章称，美国的几种儿童疫苗是以数十年前两个流产胎儿的细胞生产的。她开始阅读她能找到的所有关于这些疫苗的文章。她了解得越多，就越难受。

文内奇是两个孩子的祖母。她很快就发现她的孩子和孙子都接种过默克公司的MMR II疫苗，美国市场上仅有的一种三联疫苗，而其中的风疹疫苗成分是使用WI—38细胞生产的。（她的孩子生于1975和1977年，在1980年代都加强注射了MMR II疫苗。）她当时并不知道这种疫苗是用胎儿细胞生产的，因此很生气。她还得知默克公司将MMR疫苗的成分制备成单独的疫苗；这意味着，反对使用胎儿细胞制备风疹疫苗的人，仍然可以在抵制它的同时为自己的孩子接种麻疹

疫苗和腮腺炎疫苗。

这种做法可取，但是在文内奇看来并不是长久之计。它让孩子们面对风疹时得不到保护。她得知日本的北里研究所研制了一种她所谓“合乎道德的”风疹疫苗，其病毒是以兔肾细胞培养的。[996]同样，另一家日本企业生产的甲肝疫苗使用的不是胎儿细胞，而默克公司使用的则是MRC—5细胞。[997]她写信给默克，表达了她的担忧，并要求默克停止使用胎儿细胞，转而使用动物细胞生产疫苗。公司没有理睬她的前两封来信，但是回应了第三封来信。在回信中，默克公司的公共事务主管伊莎贝尔·克拉克斯顿指出，WI—38细胞和MRC—5细胞来自1960年代的两次合法堕胎，堕胎的目的并不是制备疫苗。她补充道，默克公司现在和未来都不需要新的流产胎儿来继续生产疫苗。“我们使用这两个细胞系，是因为在制备预防特定疾病的安全、有效的疫苗方面，它们是科学上的最佳选择。”[998]

文内奇对答复并不满意，她在天主教医学会和反堕胎团体人类生命国际组织的支持下，购买了必需的默克公司股份——价值2000美元——然后撰写了一份股东决议书。这份决议书提出，鉴于默克“从毁灭人类生命的活动中获利”，公司的董事会应该设立特别委员会，将高管的薪酬与公司的“道德和社会表现”联系起来。

默克公司向美国证券交易委员会申诉，试图阻止这份决议书出现在股票委托书上，但是没有成功；在2003年的公司年度大会上，股东将就这份股票委托书进行表决。[999]证券交易委员会同意删除那段声称默克公司从毁灭人类生命的活动中获利的话。股东们看到的决议书上是这样表述的：“默克公司使用以堕胎的人类培养的细胞系，这违反了它的基本价值声明。”这份决议书得到了4.96%的投票，超过了3%的门槛，文内奇因此可以在第二年再次提交这份决议书。[1000]（这种决议书对企业没有约束力，只是提出要求而已。）

文内奇参加了2003年在新泽西州罗威召开的会议。会间休息时，她走上讲台，递给默克公司当时的执行总裁雷·吉尔马丁一个本子，上面有她收集的37.5万个签名、姓名和地址。她要求默克公司满足签名人的诉求，以合乎道德的疫苗代替用胎儿细胞生产的风疹疫苗、甲肝疫苗和水痘疫苗。

默克公司没有满足签名人的要求，也没有就股东决议书作出回应。在2004年的公司年度大会上，这份决议书没有获得必需的票数——第二次需要获得5%的投票，因而不能在2005年再次呈交给股东们。

2003年6月，在参加默克公司年度大会后不久，文内奇将她的活动介绍到了一个更有可能热情接待她的地方：梵蒂冈。有一群枢机主教和主教负责宣扬和维护天主教的教义；他们所在的机构是神圣信仰教理部，俗称宗教法庭。文内奇去信的时候，他们的负责人或者说部长是若瑟·拉辛各枢机；这位保守的德国教士在两年后成了教宗本笃十六世。文内奇要求信理部重述天主教的教义，即不应强迫天主教徒做违反自己良心的事情。[1001]她指出，有些反对胎儿细胞疫苗的父母，在寻求宗教豁免时，受到了州法院、卫生部门工作人员和学校管理者的质疑。“要允许天主教徒不接受基于流产胎儿细胞系的治疗和疫苗。”她写道。信理部将这个问题呈送至梵蒂冈的另一个机构，宗座科学院。宗座科学院由教宗若望·保禄二世在十年前创立，旨在“宣扬和捍卫人的生命”。它大约有七十名成员，包括多位医学科学家。它的使命是研究生物伦理学问题，并就其表态。（它还帮助教会起草对性侵指控的回应。）宗座科学院开始了一项将持续两年的研究。文内奇在佛罗里达州耐心地等待回复。

2000年初夏，文内奇在专注于创立神儿女爱生命组织，伊利诺伊州大湖海军基地新兵训练营的21岁新兵亚当·伍德来到基地的医务室，说自己患了感冒，而此前他一直很健康。他第二天和第三天又去了医务室。医生给他开了抗生素，但是病情似乎没有好转。第四天早上，他病得起不了床。他失明了，随后又昏迷不醒。他被救护车送去了医院。医生给他做了胸部X光检查，发现他一侧的肺已经感染。CT扫描显示，他的鼻窦（前额和面颊后面的骨质腔）也感染了。他在科罗拉多州度假的父母急忙赶来。在伍德出现症状后两周，他父母让医护人员撤掉了维持儿子生命的呼吸机。[1002]

尸检后，病理学家发现伍德的大脑严重发炎——这种情况叫脑炎。来自疾病控制与预防中心以及军方的研究人员检测了他的肺组织和脑组织，发现了一种呼吸系统病毒的DNA，而造成脑炎的极有可能就是这种病毒。它是腺病毒。

腺病毒感染很少造成死亡。腺病毒是一种常见的病毒，容易在拥挤的环境中感染心力交瘁的人，想一想军营中接受训练的新兵吧。感染者会出现发热、流涕、打喷嚏、咳嗽和眼红等症状。那年夏末，它又感染了大湖海军基地一名此前健康的新兵。19岁的杰斯·杜登出现了普通的鼻、喉症状，最初接受治疗时使用了乙酰氨基酚和减充血药，但是一个月后死于呼吸衰竭。科学家在他遭到破坏的肺里发现了腺病毒的DNA，推断他的死亡或许与腺病毒有关。[1003]

在一定程度上，杜登和伍德都是腺病毒疫苗所取得成功的受害者。六年前，1994年，为军方生产腺病毒疫苗的惠氏公司向五角大楼

报告，称公司将停止生产腺病毒疫苗。自1971年以来，惠氏已经使用WI—38细胞生产了大量疫苗，足以为约750万新兵接种。新兵到达训练营后两小时内就会口服两枚包衣片，包衣可以防止胃酸破坏病毒。（两枚药片分别针对两种常见的腺病毒株：4型和7型。）但是到1994年，惠氏已经连续十年请求五角大楼拨款建新工厂；1984年，美国食品药品监督管理局的检查员提醒，惠氏在宾夕法尼亚州玛丽埃塔的老厂需要升级。军方答应拨给惠氏300万至500万美元，但是没有兑现。1995年，惠氏向五角大楼报告，说公司停止了生产，现有的疫苗储备将在几年内耗尽。1999年，疫苗用完了。然而，军方没有采取任何措施。军方高层变得自满了。

短时间内，新兵训练营里的腺病毒感染率就回到了还没有开始大规模接种的1950年代的水平。医生预测10%的新兵受到感染，军营医务室里接诊的肺炎病例90%是由腺病毒引起的。[1004]

“在接种疫苗的时期，一个繁忙的［基础训练］营地中每周有200例呼吸系统感染，其中不足10%是由腺病毒引起的。”《华尔街日报》在2001年报道，“不接种疫苗后，同一训练营中每周有多达800例呼吸系统感染，其中90%是由腺病毒引起的。”[1005]

五角大楼花了十年时间和大约一亿美元，在以色列的梯瓦制药公司同意为军方生产腺病毒疫苗后，才重启了腺病毒接种项目。[1006]（梯瓦制药公司下属的巴尔实验室在弗吉尼亚州福里斯特将经过冷冻干燥的减毒病毒制成药片。）自2011年10月起，每名新兵到达新兵训练营后都会服用以WI—38细胞生产的腺病毒疫苗，截至2016年末累计有100多万。接种项目重启后不到两个月，军方各基础训练中心新发腺病毒感染的比例就降低了七成，之后一直维持在这个水平。[1007]

2000年8月，杰斯·杜登病亡时，另一个生命诞生了。

在俄亥俄州的克利夫兰，31岁的伊丽莎白·格雷厄姆在克利夫兰歌剧院上演的《费加罗的婚礼》中扮演伯爵夫人。她赢得了当地报纸的称赞，说她在台上光彩四射，演唱激情迸发，红色的唇彩与浑圆的口型相得益彰。

在演出后的接待会上，格雷厄姆——大家都叫她贝琪——见了许多崇拜者，与许多人握了手，还亲吻了许多人的脸颊。她感觉良好，只是有几天鼻子和嗓子不太舒服，像是过敏了。等到她身为助理医生的丈夫奇普·麦康奈尔从他们在代顿的家中过来看表演时，她已经完全好了。连续演出结束后，两人去了田纳西州的大烟山度假。大约一个

月后，格雷厄姆很确定自己怀孕了。她很激动。她和丈夫已经准备好迎接他们的第一个孩子了。[1008]

2000年10月初，贝琪·麦康奈尔（她只在职场上使用格雷厄姆这个名字）去看了家庭医生。医生进行了常规的孕期血检，其中包括风疹抗体水平检测。报告显示她已有免疫力。这在意料之中；她在3岁时，即1972年，接种了当时儿科医生使用的两种风疹疫苗之一：默克公司的HPV—77鸭胚疫苗或Cendehill疫苗。

2001年5月7日，在位于代顿的迈阿密河谷医院，贝琪经过漫长的分娩，产下了一个面颊红润、一头黑发的女婴。女婴哭声洪亮，体重5磅12盎司，约为新生女婴第5体重百分位数。他们给她取名安娜·加布里埃尔。

当天，麦康奈尔夫妇就得知安娜的心脏有四处缺陷，这种病叫法乐氏四联症。在接下来几周里，他们发现安娜严重失聪，并因白内障而失明。出生后不久，医生给她做了血检，发现她拥有一种不能通过胎盘屏障的风疹抗体，这意味着抗体是她自己在宫内接触风疹病毒后产生的。后来，医生为安娜移除了白内障，疾病控制与预防中心的病毒学家在其中分离出了风疹病毒。

安娜在11周大时接受了心脏手术。几年后，她还要接受一次手术，替换一片心脏瓣膜。第一次手术后，她患上了并发症，因此又接受了气管切开术，而生命的头三年里她都依靠脖子前面的这个开孔呼吸。她在3个月和5个月大时接受了白内障手术，后来又做了多次眼部手术，取出眼内的瘢痕组织，将脱落的视网膜复位。她接受过几次麻醉，以便医生进行眼压测试，检测她是否患有青光眼。她的两只眼睛都患了青光眼，这和斯蒂芬·文茨勒的情况一样：文茨勒就是1964年新泽西州汤姆斯里弗患先天性风疹的那名男孩。

比斯蒂芬·文茨勒幸运的是，安娜享受到了一项医学进步带来的好处。2岁大时，她安装了人工耳蜗，有了一定程度的听力。她父亲记得，看到她第一次在受到训斥时伸手关掉“耳朵”时，自己多么喜出望外。这意味着她听得见父亲说话了。

接受完白内障手术，安娜有了所谓的导航视觉——按照奇普·麦康奈尔的定义，她可以在快要撞上墙时看到它了。她慢慢长大，2004年，她有了一个健康的妹妹丹妮尔。她家搬到了俄亥俄州的森特维尔，她去了当地一所小学读书。在学校里，她成了摇滚明星一样的人物；全校师生都学会了用手语唱校歌。

安娜十分享受生活。她会开心地在后院玩溜索，还喜欢躺在厨房的窗户下面，冲着太阳举起透明玩具，看着光线闪烁。她会与身旁的导盲犬玩足球；这是一条金德利犬，名叫卡迪。她有时还会与妹妹打架，互相掐捏，互扯头发。她通过摸大拇指辨认熟人。她笑容灿烂，对别人的胡话很敏感。

2011年秋，她10岁，开始对足球场失去兴趣，也很难在学校里保持清醒。走路时，她会重重地倚在卡迪身上，而她以前从不这样。很明显，她的心脏在逐渐衰竭。医生拒绝给她做心脏移植手术，部分原因是没有把握给先天性风疹患者做心脏移植手术，以前从未做过，此外还要考虑安娜体内潜藏的风疹是否会感染和损害植入的心脏。

2012年9月，满11岁后几个月，安娜去世了。她生命的最后几小时是在病床上度过的，但是她很平静。卡迪蜷缩着躺在病房的一角。家人守在她身边，嘟嘟作响的机器已经关掉了。她不停转动双手，让手掌朝向外面，朝向里面，再朝向外面，再朝向里面。她在用手语说“结束了”。

贝琪·麦康奈尔在2000年10月检测到的风疹抗体，可能源于她在两个月前刚怀孕时感染了病毒，而非源于她在1972年接种了疫苗。要么是那次久远的疫苗注射没有在她体内激发抗体，要么是抗体随时间推移减弱或者完全消失了。这一结果正是耶鲁大学的儿科医生多萝西·霍斯特曼在数十年前所担心的，她当时竭力劝说默克公司的莫里斯·希勒曼转而生产普洛特金的风疹疫苗。

2005年6月，神儿女爱生命组织的黛比·文内奇收到了梵蒂冈的回复。宗座科学院开展了一项研究，调查了疫苗生产中使用流产胎儿细胞的情况，并回应了天主教徒让自己的孩子接种这类疫苗是否有罪的问题。[1009]权力强大的信理部签字同意研究完成，随后报告从意大利语译成英语，送给文内奇。

这份报告的论证很谨慎，使用了道德哲学中的许多晦涩概念。但是，报告在开头指出，在许多种使用人胎细胞制备的疫苗中，风疹疫苗“或许最为重要，因为它使用广泛，几乎全世界都在使用它”，还因为风疹病毒对胎儿威胁尤大。

这份报告的底线是：只要没有出现替代疫苗，信仰天主教的父母“为了让自己的孩子免于巨大风险，并且不使全部人口，尤其是孕妇的健康受到威胁”，而让孩子接种以人胎细胞制备的疫苗，这种做法就是“合法的”。

宗座科学院谴责了一些公司，认为它们生产的疫苗迫使父母作出两难抉择——一种选择违背良心，另一种选择让孩子以及其他人的健康受到威胁。宗座科学院鼓励天主教徒争取替代疫苗，尽全力“让那些不择手段、不道德的制药公司日子不好过”。但是，它没有呼吁天主教徒拒绝使用以胎儿细胞生产的疫苗。

2009年，默克公司宣布不再分别生产麻疹、腮腺炎和风疹疫苗，这打击了文内奇及其委托人。默克公司称，这三种疫苗的销量只有MMR疫苗的2%，分开生产它们不符合公众健康的最佳利益。[1010]它指出，疾病控制与预防中心下属的免疫实践咨询委员会，以及美国儿科学会都推荐使用MMR疫苗，理由是使用这种疫苗意味着注射次数更少，疫苗覆盖范围更广。[1011]让父母为了两三种不同的疫苗去两三趟医院，会增加漏打的风险，而且分别接种所需时间较长，没来得及接种相应疫苗的儿童有被感染的风险。（疾病控制与预防中心的顾问还支持四联疫苗ProQuad，它是默克公司在MMR疫苗的基础上增加了水痘疫苗得来的。）[1012]

默克公司最初向神儿女爱生命组织的一名父亲或母亲暗示过，他们将继续生产单抗原疫苗。[1013]在他们停止生产这类疫苗时，文内奇和她的组织感觉遭到了背叛。2015年，美国爆发了一场始于迪士尼乐园的麻疹疫情，神儿女爱生命组织发布了一篇新闻稿《责怪默克，不要责怪父母！》。这个组织写道，默克公司的“轻率”决定“让许多家庭出于良心无法使用以流产胎儿生产的MMR疫苗，从而得不到保护”。[1014]

第二十七章　细胞的来生

费城，2014年

贝塞斯达，2016年

> 研制疫苗或许是你能做的最有成就的一件事情，原因很简单：成功研制出一种疫苗，你可以看到一种疾病消失。
>
> ——阿兰·肖，默克公司疫苗研究部门前主管[1015]

不久前的一个春天，在威斯塔研究所张如刚的实验室里，组织培养箱里放着一些细胞，它看上去像是一台塞得满满的冰箱。张如刚对这些细胞充满了热情。他是一名华裔科学家，研究细胞老化和正常细胞的癌变，组织培养箱里的细胞对他而言是一种重要的、熟悉的工具。“癌细胞发生了许多变化，很难追踪，而WI—38细胞本质上是正常的。正是出于这个原因，它至今仍然是一个非常重要的生态系统。”张如刚解释道。

在那个4月末的白天看到张如刚那些WI—38细胞的照片，你或许会无动于衷。一张照片上杂乱地分布着许多染成紫色的细长细胞体；它们是典型的成纤维细胞，分泌出了细胞外基质，就是细胞周围将组织联结起来的物质。另一张照片上，刚才那些细长的细胞几乎辨认不出来了。它们原本是流线型的，现在却鼓胀起来，呈明亮的青绿色。它们的形状不再一致，变得多种多样。它们好像不受控制了。确实如此。它们是年老的细胞，能量在减弱，内部也越来越老旧、无序。

老化细胞一直不容易识别。青绿色是张如刚添加的一种染色剂；细胞达到海弗利克极限，停止分裂时，会积累一种酶，而这种染色剂可以给这种酶着色。科学家怎么知道这种酶能够可靠地标记出细胞的老化呢？在一定程度上，他们是通过研究WI—38细胞知道这一点的。[1016]WI—38细胞以许多方式推进了老化研究，这是其中之一；它们在实验室中的老化十分可靠，科学家可以据此研究老化的过程。这项工作对人类健康具有重大意义；它既令人着迷，又令人心碎。在位于伊利诺伊州芝加哥的西北大学费恩伯格医学院，分子和细胞生物学系主任罗伯特·戈德曼正在使用WI—38细胞做研究，试图揭示为什么早衰症患者的细胞会过早老化；早衰症是一种绝症，10岁的患儿时

看上去像是80岁一样。[1017]

有时候，WI—38细胞被用于基础生物学研究，产出许多看上去很深奥的成果，但最终这些成果的意义也能为非科学家轻松理解，很有价值。几年前，在位于以色列雷霍沃特的魏茨曼科学研究所，研究人员使用WI—38细胞发现了QSOX1酶有一种重要的功能；人们认为QSOX1酶在一定程度上可以帮助前列腺癌、乳腺癌和胰腺癌入侵正常组织。研究人员发现，WI—38细胞分泌的这种酶会催化层黏连蛋白的形成；层黏连蛋白是基底膜的重要成分之一，而基底膜是将多种细胞固定在细胞下方结缔组织上的网状纤维薄膜。癌细胞依赖层黏连蛋白扩散和侵入组织。这些以色列科学家使用抗体屏蔽QSOX1酶，阻止了癌细胞迁移：通常可移动的肺癌细胞却无法穿过一层WI—38细胞。这种意义深远的基础性成果通常会发表在《科学》期刊上，而这些以色列科学家也确实将论文发表在了《科学》上。[1018]

以色列雷霍沃特的研究人员取得的这种基础性成果，其影响很难量化。生物学是基于自身，依靠一个接一个的成果发展起来的。恰如其分地赞誉每项发现，这种做法并无多大用处，也常常难以实现。此外，在当时看上去或许用处不大的发现——比如伊丽莎白·布莱克本首次对单细胞水生微生物四膜虫的端粒的复杂描述——能够开创全新的领域，带来许多重大发现，不断深化人们的认识。最初被斥为“草率”或错误的一些发现也是如此，比如海弗利克观察到多种胎儿器官的正常细胞在实验室培养皿中生长几个月后会停止分裂，并大胆推测这种现象或许与人类老化有关。数十年后，他这些观察和思考的重要性才被充分理解。并且，这些发现是基于实验室的，远离病床，因此它们的影响无法以产出药品或拯救生命的数量来简单衡量。

那些因海弗利克而得以问世的疫苗则极其不同；它们的问世不仅仅是因为海弗利克建立了WI—38细胞，随后把自己的实验室变成疫苗科学家和疫苗研发公司的一站式商店，还因为他坚持不懈地对抗美国那些固执、极其保守、只想着保护自己的疫苗监管者，努力让WI—38细胞为人接受。当时很少有人感谢他的努力，等到他的努力最终广受关注时，关注方式却又糟糕至极——《纽约时报》在头版报道了政府对他的调查，令他笼罩在身败名裂的阴云下。当然，海弗利克的落败是他自找的；他固执地与政府对抗，并且一旦认定自己正确便分毫不让，不过他确实经常是正确的。但是，这些都无法削弱他给公众健康带来的巨大影响，而这影响正源于他为自己挚爱的WI—38细胞及其带来的多种疫苗付出的努力和坚持。

1990年代中期，默克公司的水痘疫苗获得美国食品药品监督管理局批准，默克成为世界上唯一一家水痘疫苗生产商。默克在北卡罗来

纳州的新工厂生产这种疫苗，使用的是MRC—5细胞；这种细胞是英国人按照海弗利克的方法，模仿WI—38细胞制备的。追根溯源，这种水痘疫苗中的减毒病毒很久以前曾以WI—38细胞传代培养过。大阪大学的儿科医生高桥理明在实验室中使用WI—38细胞培养出这种病毒，后来默克公司从高桥理明所在的机构获得了授权。默克的带状疱疹疫苗情况也一样；该疫苗于2006年获批用于60岁以上的美国人，它只是水痘疫苗的高剂量版本。这两种疾病是由同一种病毒引起的，即水痘带状疱疹病毒。60岁以上的人需要更高的剂量，因为他们的免疫系统对疫苗的应答不像年轻人那样强。

1995年，美国12至18月龄婴儿开始接种水痘疫苗。此后十年，水痘带状疱疹病毒相关疾病，即水痘和带状疱疹的发病率，以及相关的入院和死亡人数降低了约90%。[1019]2006年，疾病控制与预防中心建议，儿童在4至6岁时，即入学前，再接种一次水痘疫苗。截至2013年，水痘带状疱疹病毒相关疾病的发病率又降低了81%。[1020]自2010年以来，美国20岁以下人群无人死于水痘感染。[1021]

1996年，美国食品药品监督管理局终于批准了默克公司的甲肝疫苗，而此时距离希勒曼要求菲利普·普罗沃斯特停止使用WI—38细胞，转而使用MRC—5细胞来研制甲肝疫苗，已经过去了二十年。默克公司终于从美国食品药品监督管理局获得了甲肝疫苗的批准。默克与葛兰素史克共享美国市场；两家公司的疫苗都是以MRC—5细胞生产的。甲肝是通过受到感染者排泄物污染的食物和饮水传播的。1996年，甲肝高发地区的婴儿开始接种疫苗。2006年，甲肝疫苗列入婴儿常规接种目录。[1022]2000至2013年，上报至疾病控制与预防中心的甲肝病例减少了86.7%，从2000年的13397例减少到2013年的1781例。[1023]

1970年代以来，美国狂犬病致死病例稳步减少，原因在于动物控制与免疫方面的努力在一定程度上使家养猫狗不再是狂犬病毒的储存宿主，也在于基于人细胞的改良狂犬病疫苗于1980年上市，这要感谢希拉里·科普罗夫斯基及其同事，还有海弗利克的WI—38细胞。1980年代中期，在惠氏被迫召回其狂犬病疫苗后若干年，法国里昂的梅里厄研究所（现属疫苗生产巨头赛诺菲巴斯德公司）的Imovax疫苗主导着美国市场；这种疫苗是使用MRC—5细胞生产的，但是五十年前科普罗夫斯基和维克多使用WI—38细胞对其病毒进行了改良，它才得以研制出来。如今，Imovax疫苗正面对着新疫苗引发的激烈竞争，这些新疫苗同样有效，但是生产成本更低。这些新疫苗和Imovax疫苗一样，也是大幅改良的产物，其基础是20世纪初的动物神经组织疫苗。然而遗憾的是，未经改良的疫苗生产成本更低，因此仍在少数发展中

国家使用。

在美国，每年有3万至6万名狂犬病毒可疑暴露者接种疫苗，他们注射的要么是赛诺菲的人二倍体细胞疫苗，要么是诺华公司以鸭胚细胞生产的竞品疫苗。[1024]还有数千人，包括兽医学生、驯兽师、狂犬病研究人员，接受预防性接种。

在美国，野生动物，尤其是浣熊、蝙蝠和臭鼬，仍然是狂犬病的储存宿主。每年上报至疾病控制与预防中心的狂犬病病畜约为6000例，其中92%是野生动物。[1025]每年，数百只家养猫狗因未接种疫苗而从野生动物那里感染狂犬病。[1026]

在大多数年份，美国每年有一至三人死于狂犬病——这种疾病太罕见，可能会被误诊。对人而言，蝙蝠是尤其危险的储存宿主，因为它们可以携带病毒却无症状，而且它们的牙齿很细小，人们或许意识不到自己被咬伤了——咬伤通常发生在人们睡着时。

2015年9月，怀俄明州一位77岁女性在身体愈发虚弱、丧失平衡能力五天后到当地医院就诊。她言语不清，无法吞咽。八天后，她的家人告诉医生，一个月前有只蝙蝠在她睡觉时落到了她的脖子上，将她惊醒。他们提到蝙蝠时，她已经瘫痪、昏迷，用上了呼吸机。三天后，她去世了。疾病控制与预防中心的专家检测了她的唾液和颈部皮肤，发现了狂犬病毒。

老妇人被落到脖子上的蝙蝠惊醒后，她丈夫曾帮她查看，但没有发现伤口，所以她就没去医院。她丈夫向当地管理物种入侵的部门报告了这件事，但是他们没有提及狂犬病的潜在危险。[1027]

2014年，住在密苏里州密林里的一名男子在他的活动房屋中发现了一只蝙蝠，后来他因为脖子剧痛、左臂刺痛来到医院的急救室。他感到恐惧，开始出现幻觉，也出现了恐水症状。不到三天他就用上了呼吸器，九天后便去世了。过了六天，他的医生们才考虑到他或许患了狂犬病，又等了六天才得到确切的检测结果。此时用疫苗拯救他已经完全来不及了。[1028]

2004年，威斯康星州的15岁女孩珍娜·吉斯成为已知未接种疫苗的首位狂犬病幸存者。[1029]在被蝙蝠咬伤三十七天后，她出现了神经系统症状。医生用药物诱导她进入昏迷状态，并给予抗病毒药物治疗。现在，她已经大学毕业，结婚了。

2007年，德黑兰巴斯德研究所的研究人员回到了伊朗西北部的村

庄。他们设法找到了三十一年前被狂犬病病畜咬伤、接种过科普罗夫斯基的WI—38细胞疫苗的45人之中的26人。他们全都仍然拥有狂犬病毒抗体，而且按照世卫组织的标准，许多人的抗体仍能达到保护性水平。[1030]

人们在1970年代初认为可能爆发的那场风疹疫情，最终并未在美国出现。到1979年，也就是美国首次批准风疹疫苗十年后，在约2.25亿美国人口中，有7500万至8000万儿童接种了疫苗。1969年没有爆发疫情，上报至传染疾病中心的风疹有55549例。[1031]到1979年，数字降至最低纪录——11795例。[1032]（1969和1979年的数据都可能严重低估了，因为许多风疹感染者并没有明显症状。）[1033]

1969至1980年，美国患先天性风疹的婴儿数量减少了36%，减少至50名婴儿。[1034]至20世纪与21世纪之交，美国的学步儿童接种普洛特金的RA 27/3疫苗已有二十年，那一年，据通报，美国患风疹的儿童和成人有176例，患先天性风疹的婴儿有9例。[1035]当时，在美国患先天性风疹的婴儿中，超过90%其母亲来自无风疹接种计划或接种计划才开始不久的国家和地区。[1036]

2005年，疾病控制与预防中心宣布，地方性风疹，即在本地出现、而非由移民携带入境的风疹，在美国已经根除。

2015年4月，泛美卫生组织称，西半球已经消灭了地方性风疹。截至此时，默克公司总共发出了超过6.6亿剂由普洛特金研发、基于WI—38细胞的风疹疫苗。[1037]

从全球来看，风疹问题仍然很严重。2013年，28%的国家没有风疹疫苗接种计划。[1038]最初，有些国家只给女孩接种，因为只有女孩长大后才会怀孕。日本在1995年才开始给男孩接种风疹疫苗，2012至2014年日本爆发了严重的疫情，大多数感染者是成年男性。[1039]患先天性风疹的婴儿有45例。[1040]

美国仍然存在零星的输入性先天性风疹病例。例如，2012年美国有三名婴儿确诊患有先天性风疹综合征。他们的母亲都来自没有风疹疫苗接种计划的非洲国家，并且孕早期都身在非洲。[1041]

专家估计，每年有1万名婴儿患先天性风疹，其中大多数都在发展中国家。[1042]

2014年11月，在晴朗、干冷的一天，我参观了默克公司位于西点的园区。这里离费城不远，占地400公顷，建筑低矮，有自己的垃

圾运送、消防和急救服务。1979年以来，默克公司一直在这里生产风疹疫苗，至今已经有约1.4亿美国学龄前儿童接种了该疫苗。在29号楼的超净车间里，默克公司正在进行业内所谓的“连续生产”，在几个月的时间里生产出接下来一年要用的疫苗。（要与风疹疫苗组合成MMR疫苗的麻疹疫苗和腮腺炎疫苗，会在当年的不同时间以同一套设备生产出来，以避免交叉污染。）

默克从9月开始生产疫苗，生产班次为每天上午8:00至中午12:30。在一连串的更衣室和确保外面空气不会进入的阻隔室的后面，技术人员戴着头罩，穿着白色连衫裤和钢头鞋——绿色的鞋带表明鞋是无菌室专用的——正在监视数十只半加仑容量的塑料圆桶。这些桶缓慢地旋转着，桶壁上生长着WI—38细胞，像是蒙上了一层薄雾，桶内的培养基里充满了风疹病毒。细胞培养的温度设定为86℉；很久以前，斯坦利·普洛特金就发现在86℉时RA 27/3疫苗病毒的减毒程度刚刚好。几天后，技术人员会采集这些含有病毒的培养基，对其进行多次过滤以除去里面较大的WI—38细胞碎片，制成疫苗。每批疫苗差不多可以装满一只66加仑的不锈钢罐；每批疫苗都要经过安全性测试，必须满足许多参数，而且测试结果须由美国食品药品监督管理局签字确认。之后，疫苗会被冻干保存，同麻疹疫苗和腮腺炎疫苗包装在一起，贴上标签，与无菌稀释液一起发出去，最终送到五大洲四十二个国家和地区的无数医生和卫生工作者手里。

我在一间会议室里见到了参与风疹疫苗生产的几位关键人士，其中包括迈克尔·林恩，一位养育着四个孩子的生物技术员。林恩剃着光头，二头肌强壮，戴着护目镜、头罩和面具。在谈及长时间工作时，他说：“这是在帮助孩子。对我来说，没有比这更好的事情了。”还包括工程师与分子生物学家维克·约翰斯顿；他是风疹疫苗方面的专家，看上去40多岁。他告诉我，默克公司上一次从保存在美国典型培养物保藏中心的那几十瓶可用于生产疫苗的WI—38细胞中取得一瓶，还是在2008年。从1995年直到那时，默克都不需要去取细胞。

约翰斯顿说，当一支几十年前制备的小安瓿从保藏中心送达默克公司时，其中含有约300万个细胞。默克会让它们增殖，产出一批可用的、倍增20次出头的细胞，然后将这数十支安瓿冷冻起来。它们够用8年、10年或13年。在每年连续生产时，默克公司都会从这个细胞库中取出一部分。连续生产开始时的1.2亿个细胞到结束时会增殖到370亿个，然后再用这些感染了病毒的WI—38细胞生产疫苗。此时，这些细胞群的倍增数大概是30出头。约翰斯顿说，这些细胞尽管没有被病毒杀死，但是在分裂出大量细胞后，便“有些耗尽了”。至此，这些附着在旋转的塑料桶内壁上细胞，将结束它们的漫长旅程。在这段

旅途中，它们大部分时间都处于深度冷冻状态，它们的祖先从X太太的子宫深处出发，经过瑞典的一家医院，经过卡罗林斯卡学院，经过威斯塔研究所，经过斯坦福大学，经过美国典型培养物保藏中心，最终到达宾夕法尼亚州的西点。

“你会因担心WI—38细胞耗尽而失眠吗？”我问约翰斯顿。

他犹豫了片刻，说如果默克公司能够使用再年老一些的WI—38细胞开始连续生产——这种改变须经美国食品药品监督管理局批准，“WI—38细胞的供应基本上就能够无穷无尽了”。[1043]

所有的病毒疫苗，无论是否使用胎儿细胞生产，其中都含有纳米级的细胞碎片。这些蛋白质和DNA碎片极其微小，而过滤器只能筛除较大的细胞残余物。至于用来生产风疹疫苗的WI—38细胞，一剂疫苗中含有的细胞DNA小碎片重量约为180毫微克，也就是1盎司的千万分之六。（一个体重22磅的学步儿童，其血管中循环的血液重量约为180毫微克的50亿倍。）人们认为这些WI—38细胞碎片十分安全，因为它们从未癌变过，并且几十年来使用它们制备的疫苗都很安全；因此美国食品药品监督管理局和世卫组织都没有为风疹疫苗中可以存在多少WI—38细胞DNA设上限。[1044][1045]

数亿人受益于使用WI—38细胞生产的风疹疫苗和腺病毒疫苗，我为WI—38细胞与这些受益者之间密切的相互作用感动。接种疫苗后，他们的身体就真正地与X太太的胎儿联系起来。往深处想，从WI—38细胞的极微小层面来看，我们还可以说这种身体联系扩展到每一个接种了默克公司以WI—38细胞传代培养过的带状疱疹疫苗和水痘疫苗的儿童与成人，扩展到每一个接种了由赛诺菲巴斯德公司生产、半个世纪前由威斯塔研究所的科普罗夫斯基及其同事以WI—38细胞研制出来的狂犬病疫苗，从而保住性命的人。诚然，经过这么多次传代后，疫苗接种者和WI—38胎儿之间的身体联系几乎完全是象征性的——或许就像太平洋中的一滴水。但是，为默克公司研发带状疱疹疫苗和水痘疫苗的阿兰·肖说，这种联系“在哲学上”是真实的。[1046]

X太太从未得到使用胎儿的补偿。但是，将WI—38细胞作为研究工具销售的机构，以及用它们生产疫苗的企业都挣了许多钱。2016年春，科学家要支付高达467美元才能从细胞库购买一小瓶WI—38细胞。1980年代中期，在基于WI—38细胞的狂犬病疫苗和风疹疫苗仍受专利保护时，威斯塔研究所每年能收到超过300万美元的专利使用费；其中15%由疫苗的几位发明人共享，他们是普洛特金、科普罗夫斯基、费尔南德斯，以及在1986年去世的维克多。[1047]今天疫苗生产带来的收益要高几个数量级。2012年，使用WI—38细胞为五角大

楼生产腺病毒疫苗的梯瓦公司，从该疫苗中盈利3000万美元。[1048]（该公司拒绝提供更新近的数据。）2015年，默克公司的风疹疫苗和水痘疫苗销售额增长了10%，达到15亿美元。

即使迟至今天，X太太应该得到使用胎儿的补偿吗？有些伦理学者认为，给X太太这类人付钱没有正当依据，因为使用胎儿这件事没有给她带来任何麻烦——她反正都要堕胎，并且她与海弗利克、普洛特金、科普罗夫斯基等人不同，她没有参与任何将胎儿转化成可改善人类健康的持久工具的工作。[1049]其他人，如威斯康星大学的律师、生物伦理学者阿尔塔·沙罗，认为堕胎时间久远，而且是在遥远的瑞典，即使X太太想取得补偿，也几乎没有法律上的途径。沙罗补充道，这并不意味着不应该出于道德而补偿X太太。[1050]

进一步说，如果人们捐献的组织不是常规医疗的副产品，而是征得他们同意后为了研究而特意取得，并且后来成了利润丰厚的研究工具或疗法，那么组织捐献者是否应该得到补偿？关于这个问题，仍然存在激烈的争论。一些专家认为，要理清谁应该得到多少钱将是法律上的噩梦，科学会因此停滞不前。[1051]还有一些专家认为，获利的可能性会激励人们捐献组织，加速科学研究的进展。[1052]

美国多家生物样本库保存着数亿份组织样本，这些样本包括外科手术废弃的从胰腺到胎盘的各种器官，[1053]我们又该怎么对待基于它们研发出来的研究工具或药物？它们永远也不会带给捐献者经济上的好处；研究人员可以自由使用这些样本，不需要捐献者同意或知情——只要隐去它们的个人信息，让科学家无法追溯到捐献者即可。2016年春，美国政府在制定相关规则，以改变这种情况。规则将通常要求患者出具一次性的知情同意，准许将他们的手术废弃组织用于未来的研究。[1054]在本书完稿之时，许多医学研究人员正在反对这项改革提议，他们以美国国家科学院的一份新报告为据，称对知情同意的这一新要求会造成昂贵的官僚困境，并不会造福它本意要保护的人。[1055]讽刺的是，这一规则变革即使真的通过，也不会应用于与本书所讨论问题有关的胎儿组织。胎儿组织的相关事宜由美国另一家机构管理。这家机构认为，研究人员可以不经允许使用胎儿组织，前提是它没有身份信息，不能追溯到相关在世者，并且未经允许使用它的行为不违反州或地方法律。[1056][1057]实际上，在大多数地方，这种做法都违反州法律：至少在三十七个州和哥伦比亚特区，法律都规定，在研究中使用胎儿组织，必须获得胎儿母亲的知情同意。[1058]

本书中多见以孤儿、囚犯、新生儿和智障儿童进行的无人监管的剥削性实验，这些在美国已经被禁止。1966年，亨利·比彻在《新英格兰医学期刊》上发表文章，指出了二十年来受试者遭受的惊人虐

待。此后，美国公共卫生局局长告诉接受政府资助的医学研究人员，在进行人体试验前，他们要获得参与者的知情同意，并且经过他们所在医院或大学的独立“同行委员会”批准。这些委员会将按照要求仔细审查参与者承担的风险和享受的福利，审查研究人员要如何取得参与者的知情同意。他们的职责是保护受试者的权利和福利。[1059]

1972年，美联社记者琼·海勒揭露了塔斯基吉梅毒实验的细节。[1060]她在多家全国性报纸上发表文章，称美国政府的研究人员自1932年以来故意不为399名不识字的贫困非洲裔美国男性治疗梅毒，以研究梅毒的影响。1940年代，青霉素已经问世，并广泛、成功地用于治疗这种危害严重的缓进型性病，即便如此，研究人员仍欺骗这些患者，声称正在为他们治疗，但其实并没有给他们使用青霉素。[1061]

1974年，为在一定程度上回应塔斯基吉事件报道引发的强烈抗议，美国国会将1966年提出的、至此仍只是一项政策的两项要求写进了法律。[1062]卫生、教育和福利部颁布了阐释这条法律的新规。新规要求，提前审批人体试验的委员会要包括外行人士——律师、生物伦理学者、宗教人士、社区成员。（1968年的一项研究显示，73%的医学研究机构的委员会完全由科学家和医生组成。）[1063]新规还明确了知情同意的形式。[1064]1974年的规定增加了对孕妇、新生儿、胎儿、囚犯和儿童，包括收容机构中的儿童的额外保护。[1065]

今天，独立的伦理委员会通常会面数小时，仔细审查人体试验提议——例如，2015年，委员会就评估了国家卫生研究院的科学家提出的新埃博拉疫苗研究。（疫苗中不含埃博拉病毒，只含有一个能致病的病毒DNA片段。）委员会就安全事项严厉询问试验的负责人，让他们缩短、简化知情同意表。一名委员坚持，知情同意表必须让八年级的学生也能读懂。

知情同意表修改后，试验参与者——140名健康的志愿者，他们将是首批注射这种疫苗的人——有几天时间仔细查看研究计划和知情同意表。他们可以随意向研究人员提问，还能得到针对试验的专门辅导。研究团队的不同成员反复告知，他们可以在任何时间以任何理由退出试验。注射疫苗后，他们在现场接受了数小时的密切观察，并被告知，如果出现任何严重症状，须拨打全天候热线联系研究人员。他们于次日返回接受随访，并在随后几周，后来延长至几个月定期返回做血检，以测量体内的埃博拉病毒抗体水平。他们因花费时间、经历不便而得到了适当补偿。

志愿者格兰特是一位26岁的公寓管理员。他说，他最初参与疫苗

试验是为了挣点外快，后来逐渐认为这是一种公民义务。“现在流程不再像以前那样奇怪、冰冷和陈旧，”采访者请他对比五六十年前以囚犯和孤儿进行的试验时，他说，“为什么不献出我的身体和时间呢？”

有些人仍然厌恶使用X太太胎儿的细胞，尽管那次堕胎十分久远，尽管它反正都会发生。反堕胎活动家最近将战火扩大了，不仅反对以胎儿细胞生产疫苗，还延伸到反对以胎儿组织进行科学研究。2015年夏，反堕胎活动家、所谓“医学进步中心”的创始人戴维·达莱登发布了几段暗中拍摄、经过深度加工的视频。在视频中，他和一名同事假扮生物科技公司的主管，展示了美国计划生育联合会的资深医生们如何做堕胎手术，并将胎儿组织提供给医学研究人员。

胎儿组织研究在美国是合法的。2015年，国家卫生研究院拨款8000万美元资助了数十个使用胎儿组织的研究项目。胎儿组织研究深化了科学家对艾滋病、肝炎、失明，以及胎儿发育异常等的认识。[1066]多家公司已经独立使用胎儿细胞研制了多种药物，如治疗关节炎的恩利（以海弗利克在WI—38细胞之前建立的WI—26细胞研发）、帮助囊肿性纤维化患儿清除阻塞肺部的浓稠黏液的百慕时，以及改良的血友病治疗药物努维克（Nuwiq）（血友病是一种危及生命的出血性疾病，大部分患者为男性）。

法律规定，堕胎医院在提供用于研究的胎儿组织时，只能收取成本费用。达莱登的视频声称揭露了美国计划生育联合会为牟利从事非法胎儿器官交易。国会和各州愤怒的保守派议员发起了十多项调查。这些调查都没有发现可以证明计划生育联合会通过提供用于研究的胎儿组织获利的证据；然而，达莱登却因为伪造驾照来掩饰真实身份，而被得克萨斯州的一个大陪审团指控犯下篡改政府记录的重罪。不过，2016年春，美国众议院的一个特别委员会——众议院婴儿生命委员会传唤了全国多位使用胎儿组织做研究的科学家，要求他们提供大量信息。[1067]这件事给美国的胎儿组织研究浇了一盆冷水。一家机构请了保安来守卫实验室。[1068]科学家更不容易获得胎儿组织了。[1069]

在其他国家，胎儿组织研究发展迅速。几位中国科学家在最近一篇论文中称，他们建立了一个新的细胞株，中国人有了属于自己的可用于疫苗生产的类WI—38正常细胞。这一新的人胎细胞株叫walvax—2，得名于生产该细胞株的云南沃森生物技术股份有限公司。细胞培养自一名女性胎儿的肺组织，其母亲27岁，身体健康，前次剖宫产造成瘢痕子宫，因此在孕3月接受了这次堕胎。几位科学家报告称，他们在获得九名女性同意后，解剖了她们堕下的胎儿，最终选择了用

于建立walvax—2细胞株的胎儿肺组织。[1070]神儿女爱生命组织的黛比·文内奇在得知这篇论文后，在LifeNews.com网站上发表了文章《中国科学家使用九名堕胎婴儿的器官生产新疫苗》。[1071]

在参观默克公司那天的傍晚，我在美国哲学会的本杰明·富兰克林厅参加了一场特别的活动；这幢意大利风格的宏伟建筑位于费城的老城区，正面由白色大理石建成。海弗利克和他的前同事穆尔黑德获颁约翰·斯科特奖——两人在1961年合作了一篇论文，称实验室培养皿中的正常细胞会老化。该奖由苏格兰药商约翰·斯科特设立；据称他崇拜本杰明·富兰克林，所以选择在费城颁奖。它意在表彰“取得有益发明创造的天才”，感谢他们为人类“舒适、福利和幸福”所作的贡献。自1822年以来，获奖者中有发明门锁、独轮车，以及拔牙工具的人。不过，他们也包括科学界和工程界的巨星：托马斯·爱迪生、玛丽·居里、莱特兄弟、胰岛素发现者之一弗雷德里克·班廷，以及2011年诺贝尔物理学奖得住之一索尔·珀尔马特。截至本书完稿之时，海弗利克已经88岁高龄，约翰·斯科特奖是他荣获的众多奖项中最新的一个。

许多来宾都已头发花白，这场活动对海弗利克仍然在世的前同事们来说算是一次重聚。普洛特金没有到场；他人在德国，正在写一篇关于巨细胞病毒疫苗研发的论文——今天在美国，巨细胞病毒是胎儿损伤的最常见原因。威斯塔研究所的前科学管理员罗伯特·鲁萨在场；当初，科普罗夫斯基一发现WI—38细胞不见了，就打电话将身在多伦多的鲁萨叫了回去。他坐着轮椅，显然很高兴能够与许多老友相聚；他在几个月后去世了。在场的还有安东尼·吉拉尔迪；他曾在默克工作，以仓鼠测试了海弗利克的第一个胎儿细胞株，看仓鼠的颊囊里是否会长出肿瘤。埃罗·萨克塞拉也从赫尔辛基到费城来参加这场活动；这位芬兰科学家曾在威斯塔研究所做访问研究，1962和1963年他与穆尔黑德合作研究衰老的WI—38细胞是否会癌变。穆尔黑德尽管身体状况不佳，也到了现场。对许多与会者来说，这无疑是最后一次相见。

海弗利克上台发言了。他列出了自己的众多成就，从发现海弗利克极限，到识别出引起游走性肺炎的微生物，再到建立WI—38细胞系并促进它在疫苗生产中得到广泛应用。他夸张地对上了年纪的来宾说，他们接种过的任何病毒疫苗，“几乎一定都是用WI—38细胞生产的”。他称，有超过20亿人接种过以WI—38细胞生产的疫苗。（默克的风疹疫苗是以WI—38细胞生产的数量最多的疫苗，公司称截至2016年3月共有6.77亿剂风疹疫苗上市。）[1072]在发言结束时他表示，他觉得自己的最大成就是“扭转了那种认为生物学家没有知识产权的普遍观念，改变了相关的法律”。

海弗利克并不需要夸张。他的成就即使不加修饰，也足够卓越。

正如海弗利克那晚所言，八年前他就不再拥有任何WI—38细胞了。根据1981年他与国家卫生研究院达成的和解协议，他获得了六瓶第8代原代WI—38细胞。一开始，他将这些细胞保存于他在奥克兰儿童医院的实验室里。在搬去位于盖恩斯维尔的佛罗里达大学时，他用便携式液氮罐将细胞也随车带去了。1988年，他搬回加利福尼亚州，细胞再次随他穿过了整个国家。回到湾区，它们保存在他位于圣卡洛斯，后来又位于希尔斯伯勒家中的便携冷柜里。最终，1991年，他将它们保存在他位于“海洋农场”（Sea Ranch）的美丽峭壁上、俯瞰太平洋的车库里。[1073]

在接下来的十六年里，每隔一个月左右，海弗利克都要驾车往返一百三十英里，到距离最近的城市圣罗莎购买液氮来加满冷柜。2006年，他最终受够了。他将细胞捐献给了新泽西州卡姆登的科里尔医学研究所；它们至今还保存在那里。

“是时候了，”他在2013年告诉《自然》期刊，“我的‘孩子’现在已经成年，应该离家了。”[1074]

后记　他们如今在何方？

我的朋友，研究历史不是开玩笑，也不是玩不负责任的游戏。

——赫尔曼·黑塞，《玻璃球游戏》[1075]

玛加丽塔·伯蒂格。在1962年被上司斯文·加德派去调查X太太病史的年轻医生和科学家，她对瑞典成功根除脊髓灰质炎发挥了重要作用，她还对接种人群进行了四十年的随访研究。1976年，她成为瑞典政府的顶级流行病学家。在该职位上，她在艾滋病流行初期即深度参与对其应对，并努力提高其他几种传染病的疫苗接种率。现在，她已经89岁高龄，每年都会到斯德哥尔摩附近海边一栋历史悠久的老宅生活一段时间，那里曾经是伯蒂格家的好友——瑞典的玛格丽特王储妃与古斯塔夫·阿道夫王储，即后来的古斯塔夫六世·阿道夫国王最爱的度假地。

伯尼斯·埃迪。因在用于生产脊髓灰质炎疫苗的猴肾细胞中发现致癌“物质”而遭降级的国家卫生研究院的微生物学家，她在国家卫生研究院下属的生物制品标准部工作，直到1973年在70岁时退休。退休前，她一直在发表关于肿瘤病毒的论文。她在1989年去世。

伯尼斯·埃迪发现的“物质”，即潜藏的SV40，是否使在1955至1963年接种腺病毒疫苗或脊髓灰质炎疫苗的美国人患上癌症，已经成为并将继续是一个有争议的问题；不过，1963年疫苗生产商就被迫转而使用一种不天然携带SV40的猴子。

至今，关于这个问题最权威的说法来自美国国家科学院下属的医学研究所。2002年，该机构总结说，尽管多项对疫苗接种者长达数十年的随访研究并未证明患癌风险增加，但这些研究“缺陷很多”，无法回答遭到污染的脊髓灰质炎疫苗是否会致癌的问题。他们建议继续对该问题进行分析和研究。[1076]

2013年，美国疾病控制与预防中心在其网站上发布了一份情况说明书：“1955至1963年，部分脊髓灰质炎疫苗遭到SV40污染。在此期间，有超过9800万美国人接种了一剂或多剂脊髓灰质炎疫苗；据估

计，有1000万至3000万美国人可能接种了遭到SV40污染的疫苗。”

情况说明书中还认为：“大多数科学证据显示，遭到SV40污染的疫苗不会致癌；然而，有些研究结果则与此相反，因此需要进行更多研究。”[1077]

2015年7月，疾病控制与预防中心称从其网站上删去这份情况说明书，以便更新，但至今未发布新版。

伊娃·厄恩霍尔姆。WI—38堕胎手术的操作者，她直到1992年都在瑞典做妇科医生。她还在多所高中开展性教育，并且建议女性不要轻易选择堕胎。她最初在克里斯蒂娜港开私人诊所，后来又搬到法尔肯贝里，在那里执业。她离开克里斯蒂娜港后，那里的患者还会驾车四个小时去法尔肯贝里找她看病。她于2011年去世，终年86岁。

1988年离开佛罗里达大学后，伦纳德·海弗利克成为加利福尼亚大学旧金山分校的一名解剖学教授，没有报酬。他不再拥有实验室，但是会花一些时间为附近的基因泰克公司——第一家大型生物科技公司——提供咨询服务，为该公司的实验室提供细胞培养技术指导。“我基本上不用亲自动手研究，但是我仍然得到了做研究的乐趣。”他在2013年接受采访时说。[1078]1986年，他被选为美国科学促进会成员，并且在《实验老年学》期刊担任了十三年主编，直到1998年才卸任。他是多家企业的科学顾问，其中包括1990年成立，旨在开发端粒和端粒酶的杰龙公司。他获了许多奖。他在1994年出版的《我们如何、为何老去》（*How and Why We Age*）已经翻译成了九种语言。今天，他已88岁高龄，生活在加利福尼亚州的“海洋农场”。他的妻子露丝于2016年3月去世。

伊娃·赫斯特伦。她负责解剖胎儿器官，再将它们寄送给威斯塔研究所，她一直在卡罗林斯卡学院斯文·加德的实验室里担任首席技术员，直到斯文·加德于1972年退休。随后，她又在瑞典国家细菌学实验室为玛加丽塔·伯蒂格工作了二十年。现在，赫斯特伦已经91岁，生活在斯德哥尔摩，在斯德哥尔摩群岛上一栋家族所有的房子里享受生活。

瑞典国家细菌学实验室院子里的“猴屋”现在还在，那是赫斯特伦工作的地方，也是解剖胎儿的地方。2013年，曾经是斯文·加德实验室的二楼改造成了一排办公室，供克鲁赛尔公司的质控员工使用。克鲁赛尔是一家荷兰疫苗生产商，是杨森制药公司的一个分公司。公司的旗舰技术正用于研发抵抗埃博拉病毒和马尔堡病毒的候选疫苗，它是以1985年荷兰一个流产胎儿的视网膜细胞研发的。

希拉里·科普罗夫斯基。他于1980年代创立森托科公司，使用其他科学家研发出来但没有申请专利的抗体技术赚到了1500万美元的个人财富。科普罗夫斯基从这项技术的发明人之一那里免费获得了它，然后申请了两项影响深远的专利。[1079]

科普罗夫斯基在威斯塔研究所担任了三十四年院长，直至1991年由于财务问题严重而被董事会罢免。财务问题的起因是风疹疫苗和狂犬病疫苗的专利在1980年代到期，进而导致每年收入减少300余万美元。[1080]科普罗夫斯基起诉威斯塔研究所有年龄歧视，诉讼双方于1993年庭外和解。[1081]他后来去了位于费城的托马斯·杰斐逊大学，在那里担任神经病毒学中心的主任。他一生共发表了822篇科研论文，最后一篇发表于2013年——就在这一年，96岁的他与世长辞。这篇论文探究了蝙蝠蜱能否传播狂犬病，结论是它们不太可能是传病媒介。[1082]

奇普·麦康奈尔和贝琪·麦康奈尔。两人的女儿安娜·麦康奈尔于2012年因先天性风疹去世，他们创立了慈善组织“天使爱安娜”（www.angelsforanna.com）以纪念女儿。这个组织为孩子意外住院的父母提供包括睡衣和洗漱用品的“父母包”。他们的长远目标是在代顿地区成立一家综合性的儿科康复机构。

斯坦利·普洛特金。其风疹疫苗几乎在所有国家得到使用，他在费城儿童医院担任传染病科主任，后来又在如今称为赛诺菲巴斯德的疫苗生产商担任科学主管。他现在已经84岁，是多家疫苗生产商和非营利组织的独立顾问。他花了多年时间研发一种巨细胞病毒疫苗；这种病毒是现今美国胎儿损伤的最常见原因。在一定程度上由于他的努力，多家大型疫苗生产商如今正在研发巨细胞病毒疫苗。普洛特金和他的妻子苏珊生活在费城郊区。他在74岁时取得了飞行执照，在81岁时开始学习弹钢琴。

圣文森特儿童之家。普洛特金在1960年代中期曾在此开展首批风疹疫苗试验，它于1981年被费城大主教区关闭。现在，它是费城学区的旷课法庭。街对面的大主教住宅和未婚产妇院现在是一家名为“幼儿发展中心”的日托中心——1962年，海弗利克曾以未婚产妇院里的新生儿测试脊髓灰质炎疫苗。

汉堡州立学校与医院。在普洛特金测试风疹疫苗时，那里有约950名寄宿者，它现在仍然是一家州立机构。如今，它更名为汉堡中心，为那里的122名智障和残障人士提供服务。

费城综合医院。科普罗夫斯基和海弗利克的脊髓灰质炎疫苗都曾

以那里的早产儿进行测试，它于1977年关闭。今天，它所在的地方成了宾大的医学校区和费城儿童医院。

新泽西州的女子监狱克林顿州立农场。科普罗夫斯基和海弗利克的脊髓灰质炎疫苗都曾以那里的新生儿进行测试，它至今仍然是州立监狱。现在，它更名为埃德娜·马汉女子监狱，以纪念在那里做了四十年监狱长的埃德娜·马汉。

吉姆·普帕尔。1962年，这位19岁的厌学青年在威斯塔工作、负责给婴儿接种海弗利克脊髓灰质炎疫苗，他在仅仅半年后就被吸引去了一家待遇更好的制药公司。他后来在宾大获得博士学位，成了宾大医院临床微生物学部门的负责人。后来，他在葛兰素史克公司担任全球战略微生物学部门的主管。他于2003年退休，现在是美国微生物学会下属微生物学历史中心的主席。

罗德里克·默里。他于1973年退休，1980年因心脏病去世，终年70岁。

詹姆斯·施赖弗。他于1999年去世。

2015年，国家卫生研究院测试的埃博拉疫苗被证明对所有140名志愿者都是安全的。在本书完稿之时，研究人员正在等待结果，看它是否可以产生有效的抗体水平。如果可以，试验还将继续，研究人员会招募一组人数更多的志愿者，之后在多个地点招募一组由数百人组成的志愿者。就算一切顺利，这个过程也需要好几年。

斯蒂芬·文茨勒。1964年出生于新泽西州汤姆斯里弗，因先天性风疹而失聪失明，他于1985年从珀金斯盲人学校毕业。他入读过华盛顿哥伦比亚特区的加拉德特大学，遭到几名失聪学生骚扰后很快就退学了；该校录取的都是听力障碍学生，文茨勒是为数不多的同时还失明的学生之一。他后来在新泽西州的卡姆登县学院读书，获得了计算机操作的文凭。他非常擅长电子学和计算机，在毕业之前两年为学院省下了约2万美元的计算机维修费用。但是，他缺乏社交技巧，雇主不愿意用他，所以最终只能在罗伊·罗杰斯、麦当劳、丹尼斯等快餐店拖地和打扫卫生间。

2004年，海伦·凯勒全国盲聋青年与成人中心（Helen Keller National Center for Deaf-Blind Youths and Adults）在一张海报上放了文茨勒的照片，并写道：“请尽一份力，减轻1964年风疹流行的影响……数千美国人因此失聪失明，请聘用他们当中的一位。比如斯蒂芬·文茨勒。”

2006年11月，在42岁生日当晚，文茨勒正走在新泽西郊区自己公寓门口的人行道上，一辆超速失控的汽车撞上了他。他当场殒命。

凯西·厄普在卡姆登县学院盲聋人士支持项目工作，很了解文茨勒。她在文茨勒的葬礼作了发言。“斯蒂芬一生中经历了普通人难以想象的种种困难，但是他仍然幽默、耐心、自尊。”她说，“他的人生让我明白了什么是真正的勇气。”

2013年，X太太生活在瑞典。

我给她写过两封信，但是没有得到回复。那年去瑞典出差做研究时，我尝试联系她。她与我的瑞典研究助理和翻译进行了简短对话，表示没有兴趣接受采访。她还说：“他们是在我不知情的情况下做的。现在不允许了。”

在这次对话后不久，我给她写了信，由我的助手翻译并打印出来。我把这封信寄给了她。我在信中向她保证，我绝不会公开她的姓名，也不会再联系她。

致谢

本书得以出版，受益于许多人的帮助，我向每一位致以感谢。下文无疑会遗漏一些人，我在此请他们包涵。

若没有新美国基金会，本书便无法问世。埃里克·施密特和温蒂·施密特夫妇，以及伯纳德·施瓦茨资助了我在新美国基金会的研究员职位，我因此得以有两年宝贵的时间可以全职工作。我深表谢意。新美国基金会的作家和学者团体是很棒的灵感来源，也调剂了我艰辛、孤独的写作过程。我尤其要感谢贝姬·谢弗和柯尔斯滕·伯格，他们为我提供了一流的研究协助，为伙伴项目提供了支持；感谢富齐·霍根与安德烈斯·马丁内斯，他们与贝姬从一开始就相信这本书能问世；感谢我的同事，他们的热情和友谊鼓励了我，带给我快乐；感谢多位伙伴和实习生，他们以毅力和能力帮助我开展研究，他们是：戴维·阿伦、雅各布·格伦、马杜·拉曼库迪、考特尼·舒斯特，以及安德鲁·斯莫尔。

我的经纪人盖尔·罗斯和维京出版社的编辑温迪·沃尔夫是两位令人尊敬的女性，我很幸运能够得到她们的支持。盖尔和她的搭档霍华德·允将我活跃但零散的想法变成了一份条理清晰、有行动力的写作计划。他们的助理珍妮弗·曼格拉在我几次遇到稿件整理问题时，都给了我很大的帮助。温迪·沃尔夫以明智、精准的编辑工作将我粗糙的书稿变成了一部连贯、有意义的作品。维京出版社的职员，包括弗朗西丝卡·贝朗格、乔治亚·博德纳尔、维多利亚·克洛斯、李敏（音译）、埃里克·韦克特和希拉里·罗伯茨，满有能力地做了海量工作，让本书最终得以出版。

伦纳德·海弗利克毫无保留地奉献出自己的时间、好记性、清晰表达的天赋，还有令人着迷的叙述能力，他讲起五十年前的事来就像发生在昨天一样。除接受了三十六次采访以外，他还回复了非常多的电子邮件，其中的一些邮件换作其他人都会忽略掉。没有伦纳德·海弗利克，就没有故事；我感激不尽。我还要感谢他已故的妻子露丝·海弗利克，以及他的儿子乔尔·海弗利克，他们都乐于详细而深入地回忆往事。乔尔还主动带我看了海弗利克家曾经生活的社区，以及伦纳德·海弗利克在斯坦福大学工作时的实验室所在地。他还慷慨地分享了他对海弗利克家谱的研究。

伯顿·凯恩和舒拉米斯·凯恩夫妇、诺曼·科恩，以及莫赛里奥·谢策特都好心地讲述了伦纳德·海弗利克青少年时期的故事。

斯坦利·普洛特金花了很多时间接受采访，准确地回忆了1960年代他在威斯塔研究所内外，以及在费城儿童医院的经历。他甚至在3月一个寒冷的下午，冒雨步行去寻找圣文森特儿童之家，只是没有找到。（几个月后，我在6月一个温暖的傍晚找到了那栋仍然矗立的建筑。）他还回答了我的无数后续问题，耐心地解释了许多细节。至关重要的是，他允许我查考他那些迄今未被人翻阅过的文件。对于讲述斯坦利的重要故事，这些文件必不可少。在我翻阅这些文件时，斯坦利·普洛特金与他的妻子苏珊·普洛特金慷慨地允许我将他们的日光室当作临时的档案室。我对此深表感谢。

史蒂夫·文茨勒和玛丽·文茨勒夫妇对我敞开心扉，让我走进他们的家，给我讲述了他们的爱子史蒂夫的故事。玛丽还奉献出自己的时间和回忆，尽管我关于斯蒂芬一生的许多问题让她再次心痛。奇普·麦康奈尔和贝琪·麦康奈尔夫妇也同样好心和慷慨，他们向我讲述了爱女安娜的短暂一生，给我提供了许多病历、照片和往事。我特别感激这两对夫妇。丹妮尔·麦康奈尔也分享了她对姐姐的回忆，我也非常受益。珍妮特·吉尔斯多夫还跑了几英里，帮我找安娜的病历。帕梅拉·瑞安、南希·奥唐奈和凯茜·厄普还好心地花时间帮助我了解青少年时期和成年后的斯蒂芬·文茨勒。

弗兰·斯卡利塞、迪伊·克鲁森，以及一位匿名的女士慷慨地给我讲述了她们在圣文森特妇幼医院怀孕和分娩期间的故事。耶稣宝血女修会的罗莎·霍夫拉赫尔嬷嬷和玛丽·泰蕾兹·汉森好心地回忆了她们在圣文森特儿童之家工作时的情况；位于宾夕法尼亚州雷丁的母亲之家慷慨地为我提供了床位。在宾夕法尼亚州的汉堡，帕特·皮特金为我做向导，珍妮特·巴尔和弗朗西斯·马勒不顾麻烦地帮了我很多忙。

伦纳德·沃伦很好心给我分享了他对威斯塔研究所历史的详尽研究。多亏了爱德华·胡珀，我得以翻阅世卫组织的一份重要文件，以及克林顿州立农场新生儿脊髓灰质炎疫苗测试的相关资料。保罗·奥菲特允许我使用他对莫里斯·希勒曼的无可替代的访谈。他还作为图书作家同行，与我分享了他的疫苗知识，并给予我支持。丹尼尔·威尔森好心地提供了他1990年对多萝西·霍斯特曼的采访的转录文件。美国典型培养物保藏中心的弗兰克·西苗内主动帮我查找了一些关键的历史文件和信息；科里尔医学研究所的克里斯汀·贝斯万格、美国实验生物学联合会的霍华德·加里森也都提供了重要的帮助。在加利福尼亚大学戴维斯分校，斯科特·西蒙发挥了他的统计专长。戴维·西格尔、埃米·斯威夫特与纳里苏·纳里苏不顾麻烦地探究了WI—38细胞的遗传学基础。

多位科学家给我提供了专业帮助，还不吝惜时间审阅本书书稿的不同部分，我对他们感激不尽，他们是：玛格丽特·伯吉斯、弗朗西斯·科林斯、艾哈迈德·法亚兹、卡罗尔·格雷德、朱莉·莱杰伍德、伦纳德·诺尔金、加里·斯坦、斯坦利·普洛特金、沃纳·斯伦奇卡、杰克·绍斯塔克、哈罗德·瓦默斯、伍德林·赖特，以及比尔·文纳。斯坦利·加特勒慷慨地阅读了全部书稿，作出了及时、深刻的评论。此外，闫午丹（音译）是一流的校对员。本书中出现任何舛误都由我本人负责。

约翰·F.奥尼尔帮助我理解了1960年代小儿眼科手术面临的严峻挑战，以及风疹病毒对胎儿和新生儿眼睛的严重影响。玛吉·布特博的孩子患有先天性风疹，她温和地给我讲述了作为这样一名母亲的经历。张如刚向我解释了WI—38细胞对当今研究的重要性；他在威斯塔研究所的同事希尔德贡德·埃特尔和门哈德·赫林亲切地接待了我，给我提供了许多信息。弗吉尼亚·贝里克、理查德·卡普、芭芭拉·科恩、维托里奥·德芬迪、威廉·埃尔金斯、安东尼·吉拉尔迪、弗雷德·杰克斯、安妮·卡姆林、贝琪·梅雷迪丝、保罗·穆尔黑德、吉姆·普帕尔、已故的罗伯特·鲁萨、埃罗·萨克塞拉，以及凯格赫恩·史密斯都与我分享了他们1950和1960年代在威斯塔研究所与宾大的科研、生活经历。吉姆·普帕尔回忆完，还带我步行游览了费城综合医院的原址。以上人士都慷慨地献出了自己的时间，我感激不尽。

南希·普雷贝尔很好心地分享了她的时间、专业知识，以及她对威斯塔研究所和斯坦福大学海弗利克实验室的回忆。罗伯特·史蒂文森给我介绍了细胞培养的历史、1960年代国家卫生研究院的情况，以及国家卫生研究院那份资助WI—38细胞制备的合同。保罗·帕克曼也给予我帮助，他回忆了HPV—77风疹疫苗的研发过程，以及在生物制品标准部与罗德里克·默里共事的情形；约翰·芬利森也回忆了1960年代生物制品标准部的情况。理查德·杜加斯和尼古拉斯·韦德回忆了詹姆斯·施赖弗及其对伦纳德·海弗利克的调查。

印度血清研究所的苏雷什·贾达夫给我了持续不断的帮助。在默克公司负责活病毒疫苗生产十五年的阿兰·肖，耐心地回答了许多关于疫苗生产的具体问题。菲利普·普罗沃斯特回忆了默克公司甲肝疫苗的研发经过。默克公司媒体关系部门的帕梅拉·艾西尔给予了我持续可靠的帮助；科琳·兰格、迈克尔·林恩、维克·约翰斯顿，以及其他在默克公司西点工厂从事疫苗生产的专家，都给了我几小时的时间。我对他们深表谢意。我也很感谢葛兰素史克的格温·奥斯特邦，他坚持不懈地查到了Cendehill疫苗历史上许多似乎早被遗忘的事实。此外，我还要感谢赛诺菲巴斯德公司的肖恩·克莱门茨。

我也很感谢黛比·文内奇与我分享她的故事、她广博的知识、她与

梵蒂冈的通信，以及她的观点。她自始至终都很友好，回应很迅速，还特别细致。

瑞典的丽莎·塔尔罗特为我提供了出色的研究协助和翻译。她和她的丈夫埃里克·托尔罗特尽管要忙工作，还要照顾三个小孩，仍然热心地在家里招待我。埃尔林·诺尔体贴而有吸引力地介绍了瑞典科学；因为他坚持不懈，我才得以进入从前的“猴屋”。在那里，克鲁赛尔公司的昂内塔·斯特伦贝里热心地接待了我，并给予我帮助。

埃尔林的见解，以及玛加丽塔·伯蒂格的细致回忆，帮助我了解了斯文·加德，认识了1960年代其实验室中的情形。伊娃·赫斯特伦的回忆也帮了大忙；她还慷慨地分享了她的日记和她在斯文·加德实验室里的照片。伊丽莎白、霍坎与拉尔斯·厄恩霍尔姆好心地为我提供了住宿和交通，还讲述了姑妈伊娃·赫斯特伦的精彩故事。奥斯本·卡尔森也是如此。伊丽莎白·厄恩霍尔姆帮忙翻出了伊娃的照片、工作记录和剪报。佐尔法伊格·于利希、莱娜·伦纳雷德、尼尔斯·林恩奥尔，以及简·雷赫尔都与我分享了他们在20世纪中叶瑞典堕胎法律、政治和政策方面的知识。耶奥里·克莱因和伊娃·克莱因夫妇回忆了他们的同事及朋友希拉里·科普罗夫斯基。他们在卡罗林斯卡学院的同事汉斯-古斯塔夫·永格伦和萨比娜·博西热心地招待了我。彼得·比斯特伦给我提供了额外的翻译帮助。

我十分感激许多档案管理员和图书管理员。我要特别感谢：宾大档案与记录中心和美国国家医学图书馆的专心致志的专家们；费城档案馆的戴维·鲍；费城大主教区历史研究中心的肖恩·韦尔登；国家卫生研究院执行秘书处的档案员理查德·曼德尔；国家卫生研究院历史办公室的芭芭拉·费伊·哈金；卡罗林斯卡学院的迈克尔·霍瓦特；斯坦福大学的丹尼尔·哈特维希；以及曾经在威斯塔研究所工作的格雷格·莱斯特、尼娜·朗和阿普里尔·米勒，还有现在在那里工作的珍妮弗·埃文斯·斯泰西。《柳叶刀》的卡罗琳·布罗根好心地帮我翻找出许多几十年前的资料。克里斯托弗·科普罗夫斯基乐意并热心地回忆了父亲希拉里·科普罗夫斯基，还回忆了家庭的故事。他一直在寻找父亲的学术通信，不过至今还没有找到。苏·琼斯在这方面也尽力帮助我。

有时，我的数学知识会不够用，我那聪明的妹夫戴维·魏帮我完成了重要的计算工作。莱斯利·史密斯在书稿排版方面提供了宝贵的帮助。杰出的平面设计师林恩·斯迈尔斯慷慨地奉献出自己的时间和才华，准备了书稿中的图片。莎拉·凯洛格好心地花费几十个小时帮我汇编和排列这些图片。莎拉、莱斯利·史密斯，以及我的挚友露丝·巴泽尔和凯蒂·史密斯·米尔维都阅读了书稿。此外，给予我特别支持的妹妹安德烈亚·瓦德曼也读过书稿。我特别感谢他们细心、深刻的反馈，

感谢他们始终对我和我的写作计划有信心。海伦·皮尔森是我当时在《自然》期刊的编辑，她立刻明白了我对WI—38细胞的故事感兴趣，便巧妙地引导我在《自然》上发表了专题文章，它最终扩充成了本书。她已经成了我的一位忠实作家同行、一位智慧博学的朋友。亚历克斯·维茨、克里斯·伦纳德，还有莎拉·凯洛格都从作家的战壕里给了我力量和智慧。在我写作本书期间，还有许多远方的朋友和亲人热心地询问本书的情况，此处无法一一列出他们的姓名；他们的关注和支持也推动我不停前进。

我的母亲芭芭拉·格林菲尔德·瓦德曼与我已故的父亲汉密尔顿·瓦德曼，给了我信任和爱，教了我许多医学知识和人生经验。他们对医学造福社会之力量的信念，他们对贫苦、不幸与被遗忘者的同情，促使我走上写作本书的道路。对于父母与妹妹安德烈亚·瓦德曼给予我的爱与支持，我的感激无以言表。

我多次在饭桌上谈论细胞和疫苗，我的两个儿子博比·韦尔斯和克里斯托弗·韦尔斯对此毫无怨言，并且就本书中的几点贡献了青少年细致思考的智慧成果。感谢他们容忍甚至鼓励我专注写作本书，感谢他们在我未能尽到母亲的责任时原谅我。我的爱人、引导者与朋友蒂姆·韦尔斯默默给予我支持，他是我所知的最严肃、自律和专注的作家，他是我的榜样。

参考文献

论文及专著

Artenstein,Andrew W.,ed.*Vaccines:A Biography*. New York:Springer Science ＋ Business Media,2010.

Baer,George M.,ed.*The Natural History of Rabies*.2nd edition.Boca Raton,FL:CRC,1991.

Bahmanyar,Mahmoud,Ahmad Fayaz,Shokrollah Nour-Salehi,Manouchehr Mohammadi,and Hilary Koprowski.“Successful Protection of Humans Exposed to Rabies Infection:Postexposure Treatment with the New Human Diploid Cell Rabies Vaccine and Antirabies Serum.”*Journal of the American Medical Association* 236,no.24(1976):2751—54.

Banatvala,J.E.,and D.W.G.Brown.“Seminar:Rubella.”*Lancet* 363(2004):1127—37.

Barry,John M.*The Great Influenza:The Story of the Deadliest Pandemic in History*. New York:Viking Penguin,2004.

Beecher,Henry K.“Ethics and Clinical Research.”*New England Journal of Medicine* 274,no.24(1966):1354—60.www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM196606162742405.

Berman,Elizabeth Popp.*Creating the Market University:How Academic Science Became an Economic Engine*. Princeton,NJ:Princeton University Press,2012.

Bodnar,Andrea G.,Michel Ouellette,Maria Frolkis,Shawn E.Holt,Choy-Pik Chiu,Gregg B.Morin,Calvin B.Harley,Jerry W.Shay,Serge Lichtsteiner,and Woodring E.Wright.“Extension of Life-span by Introduction of Telomerase into Normal Human Cells.”*Science* 279(1998):349—52.

Bookchin,Debbie,and Jim Schumacher.*The Virus and the Vaccine:Contaminated Vaccine,Deadly Cancers and Government Neglect.* New York:St.Martin's,2004.

Brady,Catherine.*Elizabeth Blackburn and the Story of Telomeres:Deciphering the Ends of DNA*.Cambridge,MA,and London:MIT Press,2007.

Burnet,Sir Macfarlane.*Intrinsic Mutagenesis:A Genetic Approach to Ageing*.Lancaster,UK:Medical and Technical,1974.

Cohen,Adam.*Imbeciles:The Supreme Court,American Eugenics and the Sterilization of Carrie Buck.* New York:Penguin,2016.

Cristofalo,Vincent J.“Profile in Gerontology:Leonard Hayflick,PhD.”*Contemporary Gerontology* 9,no.3(2003):83—86.

Davis,Allen F.,and Mark H.Haller.*The Peoples of Philadelphia:A History of Ethnic Groups and Lower-Class Life,1790—1940.* Philadelphia:Temple University Press,1973.

Eddy,Bernice E.,Gerald S.Borman,William H.Berkeley,and Ralph D.Young.“Tumors Induced in Hamsters by Injection of Rhesus Monkey Kidney Cell Extracts.”*Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* 107,no.1(1961):191—200.

Eddy,Bernice E.,Gerald S.Borman,George E.Grubbs,and Ralph D.Young.“Identification of the Oncogenic Substance in Rhesus Monkey Kidney Cell Cultures as Simian Virus 40.”*Virology* 17(1962):65—75.

Friedman,Meyer,and Gerald W.Friedland.*Medicine’s 10 Greatest Discoveries.* New Haven,CT,and London:Yale University Press,1998.

Galambos,Louis,with Jane Eliot Sewell.*Networks of Innovation:Vaccine Development at Merck,Sharp & Dohme,and Mulford,1985—1995.* Cambridge:Cambridge University Press,1995.

Gregg,Norman McAlister.“Congenital Cataract Following German Measles in the Mother.”*Transactions of the Ophthalmological Society of Australia* 3(1941):35—46.

Greider,Carol W.,and Elizabeth H.Blackburn.“Identification of a Specific Telomere Terminal Transferase Activity in *Tetrahymena* Extracts.”*Cell* 43(1985):405—13.

Greider,Carol W.,and Elizabeth H.Blackburn.“A Telomeric Sequence in the RNA of *Tetrahymena* Telomerase Required for Telomere Repeat Synthesis.”*Nature* 337(1989):331—37.

Hall,Stephen S.*Merchants of Immortality:Chasing the Dream of Human Life Extension.* Boston and New York:Houghton Mifflin,2003.

Harley,Calvin B.,A.Bruce Futcher,and Carol W.Greider.“Telomeres Shorten During Ageing of Human Fibroblasts.”*Nature* 345(1990):458—60.

Hawkes,Mary Q.*Excellent Effect:The Edna Mahan Story.* Arlington,VA:American Correctional Association,1994.

Hayflick,Leonard.“Hayflick's Reply.”*Science* 202(1978):128—36.

—.*How and Why We Age.* New York:Ballantine Books,1994.

—.“The Limited *in Vitro* Lifetime of Human Diploid Cell Strains.”*Experimental Cell Research* 37(1965):614—36.

Hayflick,Leonard,and Paul S.Moorhead.“The Serial Cultivation of Human Diploid Cell Strains.”*Experimental Cell Research* 25,no.3(1961):585—621.

Hayflick,Leonard,Stanley A.Plotkin,Thomas W.Norton,and Hilary Koprowski,“Preparation of Poliovirus Vaccines in a Human Fetal Diploid Cell Strain.”*American Journal of Hygiene* 75(1962):240—58.

Hooper,Edward.*The River:A Journey to the Source of HIV and AIDS.* Boston,New York,and London:Little,Brown,1999.

Hughes,Sally Smith.“Making Dollars Out of DNA:The First Major Patent in Biotechnology and the Commercialization of Molecular Biology,1974—1980.”*Isis* 92(2001):541—75.

Jackson,Alan C.,and William H.Wunner,eds.*Rabies*.2nd edition.London:Elsevier,2007.

Jacobs,J.P.,C.M.Jones,and J.P.Baille."Characteristics of a Human Diploid Cell Designated MRC-5."*Nature* 227(1970):168—70.

Kim,Nam W.,Mieczyslaw A.Piatyszek,et al."Specific Association of Human Telomerase Activity with Immortal Cells and Cancer."*Science* 266(1994):2011—15.

Kirkwood,Tom.*Time of Our Lives:The Science of Human Aging.* New York:Oxford University Press,1999.

Koprowska,Irena.*A Woman Wanders Through Life and Science.* Albany:State University of New York Press,1997.

Korsman,Stephen N.J.,Gert U.van Zyl,Louise Nutt,Monique I.Andersson,and Wolfgang Preiser,eds.*Virology:An Illustrated Colour Text.*Edinburgh:Churchill Livingstone Elsevier,2012.

Lambert,Nathaniel,Peter Strebel,Walter Orenstein,Joseph Icenogle,and Gregory A.Poland."Seminar:Rubella,"*Lancet* 385(2015):2297—2307.

Levenstein,Lisa.*A Movement Without Marches:African American Women and the Politics of Poverty in Postwar Philadelphia.* Chapel Hill:University of North Carolina Press,2009.

Miller,Patricia G.*The Worst of Times:Illegal Abortion—Survivors,Practitioners,Coroners,Cops,and Children of Women Who Died Talk About Its Horrors*.New York:HarperCollins,1993.

Mukherjee,Siddhartha.*The Emperor of All Maladies:A Biography of Cancer.* New York:Scribner,2010.

Mulford,Robert D."Experimentation on Human Beings."*Stanford Law Review* 20(1967):99—117.

National Communicable Disease Center.*Rubella Surveillance Report No.1*.Washington,DC:U.S.Department of Health,Education,and Welfare,Public Health Service,1969.

Norrby,Erling.*Nobel Prizes and Life Sciences*.Singapore:World Scientific,2010.

Nossif,Rosemary.*Before Roe:Abortion Policy in the States.* Philadelphia:Temple University Press,2001.

O'Donnell,Donna Gentile.*Provider of Last Resort:The Story of the Closure of the Philadelphia General Hospital.* Philadelphia:Camino,2005.

O'Neill,John F.“The Ocular Manifestations of Congenital Infection:A Study of the Early Effect and Long-Term Outcome of Maternally Transmitted Rubella and Toxoplasmosis.”*Transactions of the American Ophthalmological Society* 96(1998):813—79.

Offit,Paul A.*The Cutter Incident:How America’s First Polio Vaccine Led to the Growing Vaccine Crisis.* New Haven,CT,and London:Yale University Press,2005.

—.*Vaccinated:One Man’s Quest to Defeat the World's Deadliest Diseases.* New York:HarperCollins,2007.

Oshinsky,David M.*Polio:An American Story.* New York:Oxford University Press,2005.

Plotkin,Stanley A.ed.*History of Vaccine Development.* Springer Science + Business Media,2011.

—.“Virologic Assistance in the Management of German Measles in Pregnancy.”*Journal of the American Medical Association* 190(1964):265—68.

Plotkin,Stanley A.,André Boué,and Joelle Boué.“The *in Vitro* Growth of Rubella Virus in Human Embryo Cells.”*American Journal of Epidemiology* 61(1965):71—85.

Plotkin,Stanley A.,David Cornfeld,and Theodore H.Ingalls.“Studies of Immunization with Living Rubella Virus:Trials in Children of a Strain Cultured from an Aborted Fetus.”*American Journal of Diseases of Children* 110(1965):381—89.

Plotkin,Stanley A.,and Antti Vaheri.“Human Fibroblasts

Infected with Rubella Produce a Growth Inhibitor."*Science* 156(1967):659—61.

Plotkin,Stanley A.,John D.Farquhar,Michael Katz,and Fritz Buser."Attenuation ofRA 27/3 Rubella Virus in WI-38 Human Diploid Cells."*American Journal of Diseases of Children* 118(1969):178—85.

Plotkin,Stanley A.,and Pearay L.Ogra."Immunologic Properties of RA 27/3 Rubella Virus Vaccine:A Comparison with Strains Presently Licensed in the United States."*Journal of the American Medical Association* 225,no.6(1973):585—90.

Plotkin,Stanley A.,Michael Katz,and Theodore H.Ingalls."A New Attenuated Rubella Virus Grown in Human Fibroblasts:Evidence for Reduced Nasopharyngeal Excretion."*American Journal of Epidemiology* 86(1967):468—77.

Preston,Richard.*The Hot Zone.* New York:Anchor Books,Doubleday,1995.First published 1994 by Random House.

Reagan,Leslie J.*Dangerous Pregnancies:Mothers,Disabilities,and Abortion in Modern America.* Berkeley and Los Angeles:University of California Press:2010.

—.*When Abortion Was a Crime:Women,Medicine and Law in the United States,1867—1973.* Berkeley and Los Angeles:University of California Press,1997.

Rothman,David J.*Strangers at the Bedside:A History of How Law and Bioethics Transformed Medical Decision Making.* New York:Aldine de Gruyter,1991,2003.

Rybicki,Edward P.*A Short History of the Discovery of Viruses.* Buglet Press e-book,2015.可在线购买本书，购买地址为：https://itunes.apple.com/us/book/short-history-discovery-viruses/id1001627125?mt=13。本书电子版的各部分可免费在线获取：

第一部分： https://rybicki.wordpress.com/2012/02/06/a-short-history-of-the-discovery-of-viruses-part-1/

第二部分： https://rybicki.wordpress.com/2012/02/07/a-

short-history-of-the-discovery-of-viruses-part-2/

第三部分： https://rybicki.wordpress.com/2015/01/29/a-short-history-of-the-discovery-of-viruses-part-3/

第四部分： https://rybicki.wordpress.com/2015/02/11/a-short-history-of-the-discovery-of-viruses-part-4/

Shah,Keerti,and Neal Nathanson.“Human Exposure to SV40:Review and Comment.”*American Journal of Epidemiology* 103,no.1(1976):1—12.

Shay,Jerry W.,and Woodring E.Wright.“Hayflick,His Limit,and Cellular Ageing.”*Nature Reviews Molecular Cell Biology* 1(2000):72—76.

Shorter,Edward.*The Health Century*.New York:Doubleday,1987.

Skloot,Rebecca.*The Immortal Life of Henrietta Lacks.* New York:Crown,2010.

Slenczka,Werner,and Hans Dieter Klenk.“Forty Years of Marburg Virus.”*Journal of Infectious Diseases* 196(2007):S131—35.

Szostak,Jack W.,and Elizabeth H.Blackburn.“Cloning Yeast Telomeres on Linear Plasmid Vectors.”*Cell* 20,no.1(1982):245—55.

Vaughan,Roger.*Listen to the Music:The Life of Hilary Koprowski.* New York:Springer-Verlag,2000.

Wade,Nicholas.“Hayflick's Tragedy:The Rise and Fall of a Human Cell Line.”*Science* 192,no.4235(1976):125—27.

Wadman,Meredith.“Cell Division.”*Nature* 498(2013):422—26.http://www.nature.com/ news/medical-research-cell-division-1.13273.

—.“The Truth About Fetal Tissue Research.”*Nature* 528(2015):178—81.www.nature.com/news/the-truth-about-fetal-tissue-research-1.18960.

Warren,Leonard.“A History of the Wistar Institute of Anatomy

and Biology"(unpublished manuscript).March 25,2014.

Webster,William S."Teratogen Update:Congenital Rubella."*Teratology* 58(1998):13—23.http://teratology.org/updates/58pg13.pdf.

Wiktor,Tadeusz J.,Mario Fernandes,and Hilary Koprowski."Cultivation of Rabies Virus in Human Diploid Cell Strain WI-38."*Journal of Immunology* 93(1964):353—66.

Wiktor,Tadeusz J.,Stanley A.Plotkin,and Doris W.Grella."Human Cell Culture Rabies Vaccine:Antibody Response in Man."*Journal of the American Medical Association* 224,no.8(1973):1170—71.

Wistar Institute of Anatomy and Biology.*Biennial Report,1958—1959*.Courtesy of the Wistar Institute.

—.*Biennial Report,1960—1961*.Courtesy of the Wistar Institute.

—.*Biennial Research Report 1962—1963*.Courtesy of the Wistar Institute.

Wright,W.E.,and L.Hayflick."Nuclear Control of Cellular Aging Demonstrated by Hybridization of Anucleate and Whole Cultured Normal Human Fibroblasts."*Experimental Cell Research* 96(1975):113—21.

国会证词

U.S.Congress.Senate.Subcommittee on Executive Reorganization and Government Research of the Committee on Government Operations.*Consumer Safety Act of 1972:Hearings Before the Subcommittee on Executive Reorganization and Government Research of the Committee on Government Operations on Titles I and II of S.3419*.92nd Cong.,2nd sess.,April 20 and 21 and May 3 and 4,1972.

依据《信息自由法》获得的文件

Division of Management Survey and Review."Fact Chronology."Investigations 9,folder 1.Directors' Files,Office of the

Director,National Institutes of Health.（在注释中简称《事实记录》。该文件是《赖斯伯格备忘录》的附件，详见下文。）

Hayflick,Leonard.“Requested Amendments and Changes to the Records Pertaining to Doctor Leonard Hayflick.”April 13,1976.Investigations 9,folder 1.Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health.（在注释中简称《海弗利克对〈施赖弗报告〉的反驳》。）

—,Edmond C.Gregorian,Michael Hughes,and Vincent B.Terlep.“Settlement Agreement.”September 15,1981.Investigations 9,folder 1.Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health.

Riseberg,Richard J.(legal adviser,NIH).Memo to Mary Goggin(chief,Administrative Law Branch,Business & Administrative Law Division,U.S.Department of Health,Education and Welfare,Office of the General Counsel).“Subject:Cell Associates,Inc.,et al.,v.National Institutes of Health,et al.,”May 6,1976.（在注释中简称《赖斯伯格备忘录》。）

Schriver,James W.“Investigation of Activities Relating to the Storage,Distribution and Sale of Human Diploid Cell Strains WI-38 and WI-26.”P-75-211.January 30,1976.Investigations 9,folder 1.Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health.（在注释中简称《施赖弗报告》。）

—.(director,Division of Management Survey and Review,ODA).“Comments to Dr.Hayflick's Request for Amendments and Changes to DMSR Reports.”September 1,1976.Investigations 9,folder 1.Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health.（在注释中简称《施赖弗对海弗利克反驳声明的反驳》。）

访谈、口述史、个人文件集

“Interviewee:Bernice Eddy,December 4,1986.”Edward Shorter.*The Health Century* Oral History Collection.National Library of Medicine,History of Medicine Division,Bethesda,MD.

“Leonard Hayflick Interviews.”Meredith Wadman.October 3*,4*,10,11,12,16,17,18,23,and 24,2012;November 7 and

26,2012;February 22,2013;March 3*,4*,and 5*,2013;May 13,30,and 31,2013;June 2,2013;July 1,2013;March 23 and 31,2014;May 19,20,and 28,2014;June 9,12,17,18,and 23,2014;July 3,10,and 11,2014;November 19,2014*;and July 29,2015.（标有星号的是面对面访谈，其余是电话访谈。）

“Leonard Hayflick Interviews.”*Web of Stories.* www.webofstories.com/people/leonard.hayflick.

“Maurice Hilleman Interview.”Paul Offit.November 30,2004.由保罗·奥菲特提供。

“Interviewee:Maurice Hilleman,February 6,1987.”Edward Shorter.*The Health Century* Oral History Collection.National Library of Medicine,History of Medicine Division,Bethesda,MD.

“Ruth L.Kirschstein Oral History Interview,Part 2.”Victoria Harden and Caroline Hannaway.October 29,1998.Office of NIH History,Oral History Archive,Bethesda,MD.https://his tory.nih.gov/archives/oral_histories.html.

“Dr.Paul Parkman Interview.”Sarah Leavitt.June 7,2005.Office of NIH History,Oral History Archive,Bethesda,MD.https://history.nih.gov/archives/oral_histories.html.

“Stanley Plotkin Interviews.”Meredith Wadman.December 18,2012;March 19,August 29,September 20,October 20 and 21,2014;May 25,June 1,and September 8,2015.

Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA.

Niels Reimers.“Stanford's Office of Technology Licensing and the Cohen/Boyer Cloning Patents.”Oral history conducted in 1997 by Sally Smith Hughes.Regional Oral History Office,Bancroft Library,University of California,Berkeley,1998.

注释

在以下注释中，部分依据《信息自由法》获得的文件在引用时简称为：《事实记录》《海弗利克对〈施赖弗报告〉的反驳》《赖斯伯格备忘录》《施赖弗报告》《施赖弗对海弗利克反驳声明的反驳》。这些文件的完整引用信息见参考文献。

格言

Helen Keller,The Open Door(Garden City,New York:Doubleday & Company,Inc.,1957),31.

[1] 引自William A.Clark and Dorothy H.Geary,“The Story of the American Type Culture Collection:Its History and Development(1899—1973),”Advances in Applied Microbiology 17(1974):295。

[2] Pathological Laboratory Autopsy Report,Philadelphia General Hospital,autopsy no.74681,February 21,1966,Post Mortem Records,vol.465(January 18—April 8,1966),Collection 80-101.24,City Archives,City of Philadelphia Department of Records.

[3] Leonard B.Seeff et al.,“A Serologic Follow-up of the 1942 Epidemic of Post-vaccination Hepatitis in the United States Army,”New England Journal of Medicine 316(1987):965—70.

[4] Neal Nathanson and Alexander Langmuir,“The Cutter Incident:Poliomyelitis Following Formaldehyde-Inactivated Poliovirus Vaccination in the United States During the Spring of 1955 II:The Relationship of Poliomyelitis to Cutter Vaccine,”American Journal of Hygiene 78(1963):39;Paul A.Offit,“The Cutter Incident,50 Years Later,”New England Journal of Medicine 352(2005):1411.

[5] David M.Oshinsky,Polio:An American Story(New York:Oxford University Press,Inc.,2005),238.

[6] 对WI—38细胞研发的描述，来自对伦纳德·海弗利克的个人采访，这些采访列在参考文献中，包括2013年7月1日的一次电话访谈。

[7] 2011年10月至2015年的美国新兵接种人数（826371）由国防部副部长办公室的国防新闻办公室提供。关于1971至1999年的接种人数（约为850万），见CNA Analysis and Solutions,Population Representation in the Military Services:Fiscal Year 2014 Summary Report,Appendix D,Table D—4(Washington,DC:Office of the Undersecretary of Defense for Personnel and Readiness,2014),https://www.cna.org/pop-rep/2014/ appendixd/d_04.xhtml；1960年代中、后期，数十万美国新兵还接种

了使用WI—38细胞制备的、处于测试阶段的腺病毒疫苗，见“Conference on Cell Cultures for Virus Vaccine Production Nov.6—81967,National Institutes of Health,Bethesda,Maryland,”NCI Monographs,no.29(1968),499。

[8] Nicholas Wade,“Hayflick's Tragedy:The Rise and Fall of a Human Cell Line,”Science 194,no.4235(1976):125.

[9]臭名昭著的塔斯基吉梅毒实验是个明显的例外，它始于1932年。在这项实验中，美国政府的研究人员故意不为399位贫穷、不识字的非洲裔美国人治疗梅毒。

[10] 对该年代的独到分析，见David J.Rothman,Strangers at the Bedside:A History of How Law and Bioethics Transformed Medical Decision Making(New York:Aldine de Gruyter,1991,2003),30—50。

[11] 例如，见Marcia Angell,“Medical Research:The Dangers to the Human Subjects,”New York Review of Books 62,no.18(November 19,2015):50。

[12] Henry K.Beecher,“Ethics and Clinical Research,”New England Journal of Medicine 274,no.24(1966):1354—60.

[13] William H.Stewart,“Surgeon General's Directives on Human Experimentation,”PPO#129(Bethesda,MD:US Public Health Service,revised July 1,1966),https://history.nih.gov/research/downloads/Surgeongeneraldirective1966.pdf.

[14] 例如，见Angell,“Medical Research,”48—51；以及 Marcia Angell,“Medical Research on Humans:Making It Ethical,”New York Review of Books 62,no.19(December 3,2015):30—32。

[15] World Health Organization,“Situation Report:Zika Virus Microcephaly Guillain-Barré Syndrome,July 7,2016,”7.

[16] Nicole Krauss,The History of Love(New York:W.W.Norton,2006),11.

[17] Maxwell Whiteman,“Philadelphia's Jewish Neighborhoods,”in The Peoples of Philadelphia:A History of Ethnic Groups and Lower-Class Life,1790—1940,Allen F.Davis and Mark H.Haller,eds.(Philadelphia:Temple University Press,1973),250;Richard A.Varbero,“Philadelphia's South Italians in the 1920s,”in Peoples of Philadelphia,Davis and Haller,eds.,260—61.

[18] “13th US Federal Census(1910) ED 71,Sh.3B,line 4:Res.411 Lombard St.,Phila.PA,”引自http://freepages.genealogy.rootsweb.ancestry.com/~jhayflick/ps08/ps08_281.htm； Mark H.Haller,“Recurring Themes,”in Peoples of Philadelphia,Davis and Haller,eds.,283—84。

[19] John F.Sutherland,“Housing the Poor,”in Peoples of Philadelphia,Davis and Haller,eds.,184—85.

[20] Dennis J.Clark,“The Philadelphia Irish:Persistent Presence,”in Peoples of Philadelphia,Davis and Haller,eds.;Whiteman “Jewish Neighborhoods,”in ibid.242.

[21] John M.Barry,The Great Influenza:The Story of the Deadliest Pandemic in

History(New York:Viking Penguin,2004),326.

[22] Roger D.Simon,“Great Depression,”The Encyclopedia of Greater Philadelphia,http://philadelphiaencyclopedia.org/archive/great-depression/（重印和改编自 Roger D.Simon,“Philadelphia During the Great Depression,1929—1941,”Historical Society of Pennsylvania,“Closed for Business:The Story of Bankers Trust During the Great Depression”http://www.hsp.org/bankers-trust）.

[23] Philadelphia County Relief Board,Office Manual of the Philadelphia County Relief Board,August 1934,section V,page 1,Temple University Urban Archive,Jewish Family Service,series 4,box 7,volume 16.

[24] Simon,“Great Depression.”

[25] 伦纳德·海弗利克，2014年3月23日与作者的电话访谈。

[26] Vincent J.Cristofalo,“Profile in Gerontology:Leonard Hayflick,PhD,”Contemporary Gerontology 9,no.3(2003):86.

[27] 伦纳德·海弗利克，2012年10月3日与作者的访谈。

[28] 伦纳德·海弗利克，2014年3月31日与作者的电话访谈。

[29] 出处同上。

[30] D.Ivanovsky,1892.“Concerning the Mosaic Disease of the Tobacco Plant,”St.Petsb. Acad.Imp.Sci.Bul. 35(1892):67—70.引自Alice Lustig and Arnold J.Levine,“One Hundred Years of Virology,”Journal of Virology 66,no.8(August 1992):4629—31。

[31] M.W.Beijerinck,“Concerning a Contagium Vivum Fluidum as a Cause of the Spot-Disease of Tobacco Leaves,”Verh.Akad.Wet.Amsterdam 2,no.6(1898):3—21.Lustig and Levine,“One Hundred Years of Virology”第三条参考书目。

[32] F.Loeffler and P.Frosch,Zentralbl.Bakteriol.Parasitenkd.Infektionskr.Hyg.Abt.1 Orig.28(1898):371.Lustig and Levine,“One Hundred Years of Virology”第十三条参考书目。

[33] Edward Rybicki,A Short History of the Discovery of Viruses(Buglet Press e-book,2015),6.可在线购买本书，购买地址为：https://itunes.apple.com/us/book/short-history-discovery-viruses/id1001627125?mt＝13。本书第一部分可免费在线获取，地址为：https://rybicki.wordpress.com/2012/02/06/a-short-history-of-the-discovery-of-viruses-part-1/。第二部分地址为： https://rybicki.wordpress.com/2012/02/07/a-short-history-of-the-discovery-of-viruses-part-2/。

[34] F.Loeffler and P.Frosch,“Summarischer Bericht über die Ergebnisse der Untersuchungen der Kommission zur Erforschung der Maulund Klauenseuche bei dem Institut für Infektionskrankheiten in Berlin,”Centralblatt für Bakteriologie,Parasitenkunde und Infektionskrankheiten,Abt.I 22(1897):257—59.如下文献也描述了勒夫勒和弗罗施的成就：Rudolf Rott and Stuart Siddell,“One

Hundred Years of Animal Virology,"Journal of General Virology 79(1998):2871—72,http://jgv.microbiologyresearch.org/con tent/journal/jg v/10.1099/0022-1317-79-11-2871?crawler＝true& mimetype＝applica tion/pdf。

[35] Thomas M.Rivers,"Filterable Viruses:A Critical Review,"Journal of Bacteriology xiv,no.4(1927):228.

[36] Thomas M.Rivers,ed.,Filterable Viruses(Baltimore:Williams and Wilkins,1928),1—418.

[37] Albert B.Sabin and Peter K.Olitsky,"Cultivation of Poliomyelitis Virus in Vitro in Human Embryonic Nervous Tissue,"Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 34(1936):357—59.

[38] Rachel Benson Gold,"Lessons from Before Roe:Will Past Be Prologue?"Guttmacher Report on Public Policy 6(2003):8—11,www.guttmacher.org/about/gpr/2003/03/lessons-roe-will-past-be-prologue;Rosemary Nossif,Before Roe:Abortion Policy in the States(Philadelphia:Temple University Press,2001),33—35.

[39] Carole R.McCann,"Abortion,"in The Oxford Companion to United States History,ed.Paul S.Boyer(New York:Oxford University Press,2001),3;Henry J.Sangmeister,"A Survey of Abortion Deaths in Philadelphia from 1931 to 1940 Inclusive,"American Journal of Obstetrics and Gynecology 46(1943):757—58.

[40] John F.Enders,Thomas H.Weller,and Frederick C.Robbins,"Cultivation of the Lansing Strain of Poliomyelitis Virus in Cultures of Various Human Embryonic Tissues,"Science 109(1949):85—87.

[41] Saul Benison,Tom Rivers:Reflections on a Life in Medicine and Science:An Oral History Memoir Prepared by Saul Benison(Cambridge,MA,and London:MIT Press,1967),446.

[42] 伦纳德·海弗利克，2012年10月3日与作者的访谈。

[43] Leonard Hayflick,"Early Days at Merck,"Web of Stories,July,2011,www.webofstories.com/play/leonard.hayflick/13.

[44] 露丝·海弗利克，2014年9月29日与作者的电话访谈。

[45] Wistar Institute,"Our History,"www.wistar.org/the-institute/our-history(2016年6月7日访问7,2016).

[46] Leonard Warren,"A History of the Wistar Institute of Anatomy and Biology"(unpublished manuscript,March 25,2014),25,40,60;Erik Larson,The Devil in the White City:Murder,Magic,and Madness at the Fair That Changed America(New York:Random House,2003).

[47] Warren,"A History of the Wistar Institute"2,47,61,78,79;Paul Offit,Vaccinated:One Man's Quest to Defeat the World's Deadliest Diseases(New York:HarperCollins,2007),79—80.

[48] Warren,“History of the Wistar Institute,”106—12.

[49] 出处同上，111。

[50] 出处同上，101。

[51] 伦纳德·海弗利克，访谈。

[52] Leonard Hayflick,“The Growth of Human and Poultry Pleuropneumonia-like Organisms in Tissue Cultures and in Ovo and the Characterization of an Infectious Agent Causing Tendovaginitis with Arthritis in Chickens”(PhD diss.,University of Pennsylvania,1956).

[53] 伦纳德·海弗利克，2013年3月3日与作者的访谈。

[54] 莫里斯·希勒曼，2004年11月30日与保罗·奥菲特的访谈。音频文件由保罗·奥菲特提供。

[55] 芭芭拉·科恩，2014年11月20日与作者的访谈。

[56] John Rowan Wilson,Margin of Safety(Garden City,NY:Doubleday,1963),140.

[57] 厄休拉·罗斯，2001年庆祝希拉里·科普罗夫斯基85岁生日的祝词。由苏·琼斯提供。

[58] 在2001年为庆祝希拉里·科普罗夫斯基85岁生日而编撰的回忆文集中，比利时病毒学家利斯·蒂里在其撰写的祝词中讲述了这个故事。蒂里的回忆文章由科普罗夫斯基的前助理苏·琼斯提供。

[59] 威斯塔研究所董事会1967年2月24日会议纪要，page 4,UPT 50 R252,box 68,file folder 12(Wistar Institute 1966—67),Isidor Schwaner Ravdin Papers,UniversityArchives and Records Center,University of Pennsylvania；Trustee Minutes,vol.26,page 313,collection no.UPA 1.1,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania；维托里奥·德芬迪，2014年3月18日与作者的访谈。

[60] 彼得·多尔蒂，2015年1月20日与作者的电话访谈。

[61] Michael Katz,“A Devotion to ‘Real Science,’”in “Symposium in Honor of Hilary Koprowski's Achievements,”Journal of Infectious Diseases 212,Supplement 1(2015):S6.

[62] Stacey Burling,“Hilary Koprowski,Polio Vaccine Pioneer,Dead at 96,”Philadelphia Inquirer,April 14,2013,http://articles.philly.com/2013-04-15/news/38559037_1_polio-vaccine-hilary-koprowski-rabies-vaccine.

[63] Roger Vaughan,Listen to the Music:The Life of Hilary Koprowski(New York:Springer-Verlag,2000),5.

[64] Bob Gallo,“Lessons from a World Trip,”in “Symposium in Honor of Hilary Koprowski's Achievements,”S6.

[65] Vaughan,Listen to the Music,111.

[66] I.S.拉夫丁1960年1月27日致乔纳森·罗兹的信，UPT 50 R252,box 65,file folder 56(Wistar Institute,1959—1961),Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania。

[67] 威斯塔研究所董事会1960年9月21日会议纪要草稿，以及I.S.拉夫丁在1960年12月15日的备忘录，两份文献都位于：UPC 1.4 ,box 6,file folder “Wistar Institute Board of Managers,”Vice President for Medical Affairs Correspondence and Records,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania；I.S.拉夫丁1960年7月1日致弗朗西斯·博耶的信，UPT 50 R252,box 65,file folder 56(Wistar Institute,1959—1961),Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archivesand Records Center,University of Pennsylvania；负责威斯塔研究所的委员会在1959年11月17日致盖洛德·P.哈恩韦尔校长的信，p.3,UPA4,box 114,file folder 24(Goddard Report:Committee on the Wistar Institute 1955—1960),Office of the President,Gaylord Probasco Harnwell Administration,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania；威斯塔研究所执行委员会1959年11月18日会议暂定纪要，pp.2—3,UPA4,box 114,file folder 17(Wistar Institute IV:1955—1960),Office of the President,Gaylord Probasco Harnwell Administration,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania；小约瑟夫·斯托克斯、希拉里·科普罗夫斯基、乔纳森·罗兹、阿尔伯特·林顿及I.S.拉夫丁1960年1月20日至2月22日的通信，call no.B.St65p,file folder “Koprowski,Hilary #2,”Joseph Stokes Papers Series I,American Philosophical Society Archives。

[68] “Resolution by the Senior Members of the Scientific Staff of the Wistar Institute of Anatomy and Biology,to Be Forwarded to the President and Board of Managers,”December 30,1959,UPA4,box 114,file folder 17(Wistar Institute IV:1955—1960),Office of the President,Gaylord Probasco Harnwell Administration,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania.

[69] 本部分大量传记信息详见Vaughan,Listen to the Music,17—40；本部分还参考了希拉里·科普罗夫斯基妻子的精彩回忆录：Irena Koprowska,A Woman Wanders Through Life and Science(Albany:State University of New York Press,1997),38—122；克里斯托弗·科普罗夫斯基，2013年10月15日写给作者的电子邮件。

[70] Vaughan,Listen to the Music,42,67.

[71] 出处同上，44。

[72] David M.Oshinsky,Polio:An American Story(New York:Oxford University Press,2005),138—42.

[73] Vaughan,Listen to the Music,1—2.

[74] Hilary Koprowski,Thomas W.Norton,and Walsh McDermott,“Isolation of Poliomyelitis Virus from Human Serum by Direct Inoculation into a Laboratory Mouse,”Public Health Reports 62,no.41(1947):1467—76.

[75] Hilary Koprowski,George A.Jervis,and Thomas W.Norton,“Immune Responses in Human Volunteers upon Oral Administration of a Rodent-Adapted Strain of Poliomyelitis Virus,”American Journal of Hygiene 55(1952):109.

[76] Oshinsky,Polio,135.

[77] Hilary Koprowski,“A Condensed Version of an Unpublished Lecture,‘Frontiers of Virology:Development of Vaccines Against Polio Virus,’ at the Medical School of the Hershey Medical Center,June 18,1980,”in Koprowska,A Woman Wanders,298.

[78] James W.Trent Jr.,Inventing the Feeble Mind:A History of Mental Retardation in the United States(Berkeley,Los Angeles,and London:University of California Press,1994),Kindle e-book,location 3312 of 5061.

[79] Records of the Office of Scientific Research and Development,Committee on Medical Research,Contractor Records,C 450,R L2,Bimonthly Progress Report,PI Alf S.Alving(University of Chicago),August 1,1944,cited in David J.Rothman,Strangers at the Bedside:A History of How Law and Bioethics Transformed Medical Decision Making(New York:Aldine de Gruyter,1991,2003),36.

[80] 出处同上，38；Werner Henle et al.,“Experiments on Vaccination of Human Beings Against Epidemic Influenza,”Journal of Immunology 53(1946):75—93。

[81] Thomas Francis Jr.et al.,“Protective Effect of Vaccination Against Induced Influenza A,”Journal of Clinical Investigation 24,no.4(1945):536—46;Jonas E.Salk et al.,“Protective Effect of Vaccination Against Induced Influenza B,”Journal of Clinical Investigation 24,no.4(1945):547—53.

[82] Koprowski,“Condensed Version of an Unpublished Lecture,”298.

[83] Koprowski,Jervis,and Norton,“Immune Responses in Human Volunteers,”109.

[84] Oshinsky,Polio,136.

[85] Koprowski,“Condensed Version of an Unpublished Lecture,”299.

[86] Vaughan,Listen to the Music,15—16.

[87] Koprowski,Jervis and Norton,“Immune Responses in Human Volunteers,”125.

[88] Norman Topping(with Gordon Cohn),Recollections(Los Angeles:University of California Press,1990),139—41.

[89] Leonard Warren,“A History of the Wistar Institute of Anatomy and Biology”(unpublished manuscript,March 25,2014),121—22.

[90] Vaughan,Listen to the Music,77—78;Warren,“History of the Wistar Institute,”122.

[91] 威斯塔董事会主席威廉·迪巴里1957年1月24日致希拉里·科普罗夫斯基的信，UPA4(Office of the President Records),box 114,folder 19(Wistar Institute:Administrative Appointments,1955—1960),University Archives and Records Center,University of Pennsylvania.

[92] Vaughan,Listen to the Music,77。

[93] 出处同上，81。

[94] 出处同上，63—64。

[95] 出处同上，79。

[96]1951年，科学家在一位叫海瑞塔·拉克斯的31岁非洲裔美国妇女不知情的情况下，从她的宫颈肿瘤中获得了这些细胞。丽贝卡·斯克鲁特在2010年出版《永生的海拉》一书，让这些细胞闻名于世。

[97] Warren,“History of the Wistar Institute,”127.

[98] Wistar Institute of Anatomy and Biology,Biennial Report,1958—1959,9—11,Wistar Institute Archives,Philadelphia,PA.

[99] 出处同上，24。

[100] Elsa M.Zitcer,Jørgen Fogh,and Thelma H.Dunnebacke,“Human Amnion Cells for LargeScale Production of Poliovirus,”Science 122,no.3157(1955):30;Jørgen Fogh and R.O.Lund,“Continuous Cultivation of Epithelial Cell Strain(FL) from Human Amniotic Membrane,”Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 94,no.3(1957):532—37;Thelma H.Dunnebacke and Elsa M.Zitcer,“Transformation of Cells from the Normal Human Amnion into Established Strains,”Cancer Research 17(1957):1047—53.

[101] Leonard Hayflick,“The Establishment of a Line(WISH) of Human Amnion Cells in Continuous Cultivation,”Experimental Cell Research 23,no.1(1961):14—20.

[102] Stanley M.Gartler,National Cancer Institute Monograph 26,no.167(1967);Stanley M.Gartler,“Apparent HeLa Cell Contamination of Human Heteroploid Cell Lines,”Nature 217(1968):750—51.

[103] Wistar Institute of Anatomy and Biology,Biennial Report,1958—1959,24；伦纳德·海弗利克，2014年6月9日与作者的电话访谈。

[104] Robert E.Hall,“Abortion in American Hospitals,”American Journal of Public Health 57,no.11(1967):1933.

[105] Wistar Institute of Anatomy and Biology,Biennial Report:1958—1959,25,Wistar Institute Archives,Philadelphia,PA.

[106] D.A.Rigoni-Stern,“Fatti Statistici Relativi alle Malattie Cancerose Che Servirono di Base Alle Poche Cose Dette dal Dott.,”G Servire Progr Path Tera 2(1842):507—17； Daniel DiMaio,“Nuns,Warts,Viruses and Cancer,”Yale Journal of Biology and Medicine 88,no.2(2015):127.

[107] V.Ellerman and O.Bang,“Experimentelle Leukämie bei Hühnern,”Zentralbl Bakteriol Parasitenkd Infectionskr Hyg Abt I 46(1908):595—609.对埃勒曼和邦这篇论文的英语描述，见Robin A.Weiss and Peter K.Vogt,“One Hundred Years of Rous Sarcoma Virus,”Journal of Experimental Medicine 208,no.12(2011):2352,www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3256973/#bib12。

[108] Peyton Rous,“A Sarcoma of the Fowl Transmissible by an Agent Separable from the Tumor Cells,”Journal of Experimental Medicine 13,no.4(1911):397—411,www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2124874/pdf/397.pdf.

[109] George Klein,“The Strange Road to the Tumor-Specific Transplantation Antigens,”Cancer Immunity 1(2001):6,http://cancerimmunolres.aacrjournals.org/content/canimmarch/1/1/6.full.

[110] “Medicine:Cornering the Killer,”Time,July 27,1959,http://content.time.com/time/magazine/article/0,9171,864777,00.xhtml.

[111] Hilary Koprowski,“The Viral Concept of the Etiology of Cancer,”undated article from unidentified journal,c.1960,p.57,UPT 50 R252,box 22,file folder 24,“Professional Correspondence,Kop-Kos,”Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania;Wistar Institute of Anatomy and Biology,Biennial Report:1958—1959,25,Wistar Institute Archives,Philadelphia,PA.

[112]在华盛顿大学遗传学家斯坦利·加特勒后来发现的多个受到海拉癌细胞污染的细胞系中，就有这几十个细胞系中的一部分；其他细胞系也有可能被海拉细胞污染过。

[113] Joe Hin Tjio and Albert Levan,“The Chromosome Number of Man,”Hereditas 42(1956):1—6,http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1601-5223.1956.tb03010.x/epdf.

[114] T.C.Tsu,Charles S.Pomerat,and Paul S.Moorhead,“Mammalian Chromosomes in Vitro VIII:Heteroploid Transformation in the Human Cell Strain Mayes,”Journal of the National Cancer Institute 19(1957):867—73;R.S.Chang,“Continuous Subcultivation of Epithelial-like Cells from Normal Human Tissues,”Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 87,no.2(1954):440—43;J.Leighton et al.,“Transformation of Normal Human Fibroblasts into Histologically Malignant Tissue in Vitro,”Science 123,no.3195(1956):502—3;L.Hayflick and P.S.Moorhead,“Cell Lines from Non-neoplastic Tissue,”in P.L.Altman and D.S.Dittmer,eds.,Growth(Bethesda,MD:Federation of American Societies for Experimental Biology and Medicine,1962),156—60.

[115] D.von Hansemann,“Ueber asymmetrische Zellteilung in Epithelkrebsen und deren biologische Bedeutung,”Virchows Arch Path Anat Physiol Klin Med 119(1890):299—326.

[116] Henry Harris,trans.and ann.,“‘Concerning the Origin of Malignant Tumours’ by Theodor Boveri,”Journal of Cell Science 121(2008):S1—S84.此为博韦里原文的译文。

[117] Peter C.Nowell and David A.Hungerford,“A Minute Chromosome in Human Chronic Granulocytic Leukemia,”Science 132(1960):1497.

[118] J.H.Tjio and Theodore T.Puck,“Genetics of Somatic Mammalian Cells II:Chromosomal Constitution of Cells in Tissue Culture,”Journal of Experimental Medicine 108(1958):261.

[119] Rachel Benson Gold,“Lessons from Before Roe:Will Past Be Prologue?”Guttmacher Report on Public Policy 6,no.1(2003):9.

[120] Purdon’s Pennsylvania Statutes and Consolidated Statutes,Title 18,Crimes and Offenses,Chapter 2:The Penal Code of 1939,Article VII:Offenses Against the Person,Section 718:Abortion.

[121] 出处同上，Section 719:Abortion Causing Death。

[122] Commonwealth v.Zimmerman,214 Pa.Super.61,251 A.2d 819(1969);Commonwealth v.King,no.37,March Term 1968,Pa.Court of Common Pleas(Allegheny County,Criminal Division);Janet M.LaRue,“Is Kate Michelman Telling the Truth About Her Own Abortion Story,”Human Events,January 24,2006,http://humanevents.com/2006/01/24/is-kate-michelman-telling-the-truth-about-her-own-abortion-story/.

[123] Leslie J.Reagan,When Abortion Was a Crime:Women,Medicine and Law in the United States,1867—1973(Berkeley and Los Angeles:University of California Press,1997):13,61—70.

[124] 出处同上，15,132,135。

[125] Henry J.Sangmeister,“A Survey of Abortion Deaths in Philadelphia from 1931 to 1940 Inclusive,”American Journal of Obstetrics and Gynecology 46(1943):756—57.

[126] Reagan,When Abortion Was a Crime,15.

[127] R.K.登沃斯（Drinker,Biddle & Reath律师事务所）1962年9月28日致I.S.拉夫丁的信，page 1,series UPC 1.4,box 14,file folder “Dept.of Ob/Gyn,”University Archives and Records Center,University of Pennsylvania。

[128] 匿名人士，2014年6月30日与作者的电话访谈。

[129] Department of Obstetrics and Gynecology,“Rules Governing Requests for Therapeutic Abortion and/or Sterilization,”January 21,1963,series UPC 1.4,box 14,file folder “Dept.of Ob/Gyn,”University Archives and Records Center,University of Pennsylvania.

[130] Reagan,When Abortion Was a Crime,204—7.

[131] Hall,“Abortion in American Hospitals,”1933.

[132] 贝琪·梅雷迪丝，2014年7月16日与作者的电话访谈。

[133] I.S.拉夫丁与德怀特·艾森豪威尔的合影，UPT 50 R252,box 182,file folder 13,Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania。

[134] 约翰·M.米切尔1952年10月29日致I.S.拉夫丁的信，series UPC 1.4,box 1,file folder “1952—Marriage Council of Philadelphia,Contract with University of Pennsylvania,”University Archives and Records Center,University of Pennsylvania。

[135] “The Roman Catholic Church and the Hospital of the University of Pennsylvania,”undated,series UPC 1.4,box 2,file folder “Department of Ob-Gyn,”University Archives and Records Center,University of Pennsylvania.

[136] I.S.拉夫丁1960年7月15日致富兰克林·佩恩的信，series UPC 1.4,box 2,file folder “Department of Ob-Gyn,”University Archives and Records Center,University of Pennsylvania。

[137] I.S.拉夫丁与教宗庇护十二世的合影，UPT 50 R252,box 182,file folder 56,Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania。

[138] I.S.拉夫丁1964年12月24日致罗兰·T.阿迪斯夫人的信，series UPC 1.4,box 15,file folder “VPMA,”University Archives and Records Center,University of Pennsylvania。

[139] I.S.拉夫丁对希拉里·科普罗夫斯基日渐不信任，这从他那个时期的信函中可以看出。“科普罗夫斯基博士或许是一位名人，但是我以前质疑过他的道德，现在要再次质疑。”拉夫丁在1960年4月8日写信给宾大校长盖洛德·P.哈恩韦尔说。在这之前，科普罗夫斯基违背了他对威斯塔研究所董事会的诺言，并未资助一位他从英格兰招聘来的科学家。（见I.S.拉夫丁1960年致盖洛德·哈恩韦尔的信，UPA 4,box 114,file folder 17,“Wistar Institute IV 1955—1960,”Office of the President Records,Gaylord Probasco Harnwell Administration,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania。）

[140] I.S.拉夫丁1947年1月11日致玛格丽特·里德·刘易斯的信，UPT 50 R252,box 68,file folder 15,Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania。

[141] I.S.拉夫丁1956年3月21日致威廉·F.麦克利曼斯的信，UPT 50 R252,box 68,file folder 15,Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania。

[142] Hilary Koprowski,“The Viral Concept of the Etiology of Cancer”(publication title unknown),page 57,UPT 50 R252,box 22,file folder 24,Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania;Betsy Meredith,telephone interview.

[143] 伦纳德·海弗利克，2014年7月8日写给作者的电子邮件。

[144] Hugo Lagercrantz and Jean-Pierre Changeux,“The Emergence of Human Consciousness:From Fetal to Neonatal Life,”Pediatric Research 65(2009):255—60,www.nature.com/pr/journal/v65/n3/full/pr200950a.xhtml.

[145] 伦纳德·海弗利克，2012年10月3日与作者的访谈。

[146] Leonard Hayflick and Paul S.Moorhead,“The Serial Cultivation of Human Diploid Cell Strains,”Experimental Cell Research 25,no.3(1961):587.

[147] 出处同上，588。

[148] 出处同上。

[149] Wistar Institute of Anatomy and Biology,Biennial Report:1958—1959,cover and “Contents”page.

[150] 出处同上，26。

[151] Jules Verne,Journey to the Centre of the Earth(1864;New York:Bantam/Dell,Bantam Classic Reissue,May 2006),143.

[152] Alexis Carrel,“On the Permanent Life of Cells Outside the Organism,”Journal of Experimental Medicine 15(1912):516—30,www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/ PMC2124948/pdf/516.pdf.

[153] “Dr.Carrel's Miracles in Surgery Win the Nobel Prize,”New York Times,October 13,1912,pp.78—79.http://timesmachine.nytimes.com/timesmachine/1912/10/13/100594519.xhtml?pageNumber＝78.

[154] “Isolated Tissue Holds Life 12 Years in Test,”New York Tribune,January 6,1924.

[155] “Medicine:Carrel's Man,”Time,September 16,1935;Alexis Carrel,Man,the Unknown(New York:Harper & Brothers,1935).

[156] Wilton R.Earle et al.,“Production of Malignancy in Vitro IV:The Mouse Fibroblast Cultures and Changes Seen in the Living Cells,”Journal of the National Cancer Institute 4(1943):165—69.

[157] Leonard Hayflick and Paul S.Moorhead,“The Serial Cultivation of Human Diploid Cell Strains,”Experimental Cell Research 25,no.3(1961):591.

[158] 伦纳德·海弗利克，2014年11月19日与作者的访谈。

[159] John F.Kennedy to American Association of Newspaper Editors,Washington,DC,April 21,1960,Papers of John F.Kennedy.Prepresidential Papers.Senate Files.Series 12.1.Speech Files,1953—1960.Box 908,Folder “American Society of Newspaper Editors,”Washington,DC,http://www.jfklibrary.org/Research/Research-Aids/JFK-Speeches/American-Society-of-Newspaper-Editors_19600421.aspx.

[160] 保罗·穆尔黑德，2012年11月14日与作者的访谈。

[161] Hayflick and Moorhead,“Serial Cultivation,”601.

[162] 出处同上；Leonard Hayflick,“Citation Classics,”Current Contents 26(1978):144。

[163] 伦纳德·海弗利克，2012年10月4日与作者的访谈。

[164] Leonard Hayflick,How and Why We Age(New York:Ballantine Books,1994),127—29.

[165] Associated Press,“Pneumonia Study Points to Vaccine:U.S.Scientists Isolate Agent That Causes a Prevalent Form of the Disease,”New York Times,January 23,1962,p.1.

[166] Hayflick and Moorhead,“Serial Cultivation,”619.

[167] 出处同上，616—19。

[168] 出处同上，605。

[169] 出处同上，600—601。

[170] 出处同上，589。

[171] 出处同上，607—8。

[172] Chester M.Southam,Alice E.Moore,and Cornelius P.Rhoads,“Homotransplantation of Human Cell Lines,”Science 125(1957):158.

[173] Elinor Langer,“Human Experimentation:Cancer Studies at Sloan-Kettering Stir Public Debate on Medical Ethics,”Science 143(1964):552;Robert D.Mulford,“Experimentation on Human Beings,”Stanford Law Review 20(1967):110.

[174] Mulford,“Experimentation on Human Beings,”100;Rebecca Skloot,The Immortal Life of Henrietta Lacks(New York:Crown,2010),135.

[175] Southam,Moore,and Rhoads,“Homotransplantation of Human Cell Lines,”158.

[176] Hayflick and Moorhead,“Serial Cultivation,”608—9.

[177] Steve Hale,“Noted Cancer Researcher Urges ‘Imaginative’ Tests on Human,”Deseret News and Salt Lake Telegram,March 23,1964,p.B1.

[178] 威廉·埃尔金斯，2014年6月25日与作者的访谈。

[179] Leonard Hayflick et al.,“Preparation of Poliovirus Vaccines in a Human Fetal Diploid Cell Strain,”American Journal of Hygiene 75(1962):250.

[180] 出处同上。

[181] Hayflick and Moorhead,“Serial Cultivation,”609.

[182]五十年的研究已经证明，细胞癌变的过程很复杂，涉及很多步骤；这个过程并不像拨动开关那样简单。并不是所有细胞都能明显归为癌或非癌。例如，有些细胞染色体数目异常，在实验室里会无限增殖，但是并没有滑向不受控制的生长，即癌症。

[183] World Health Organization Scientific Working Group on the Human Diploid Cell,“Report to the Director-General,”Geneva,July 16—18,1962,14.

[184] Leonard Hayflick,“The Limited in Vitro Lifetime of Human Diploid Cell Strains,”Experimental Cell Research 37(1965):628—29.

[185] 出处同上，631。

[186] Peyton Rous,“A Sarcoma of the Fowl Transmissible by an Agent Separable

from the Tumor Cells,”Journal of Experimental Medicine 13,no.4(1911):397—411.

[187] 保罗·穆尔黑德，采访。

[188] 伦纳德·海弗利克，2014年11月19日与作者的访谈。

[189] J.H.Tjio and Theodore T.Puck,“Genetics of Somatic Mammalian Cells II:Chromosomal Constitution of Cells in Tissue Culture,”Journal of Experimental Medicine 108(1958):260—62.

[190] 伦纳德·海弗利克，2012年10月4日与作者的访谈。

[191] 佩顿·劳斯1961年4月24日致希拉里·科普罗夫斯基的信。由海弗利克提供。

[192]天花疫苗（当时是儿童常规接种疫苗）的制备方法也很原始，即从感染了牛痘病毒的牛犊、羊或水牛的皮肤创口获取病毒。牛痘病毒是许多能够入侵海弗利克的人二倍体细胞的病毒之一。但是，人们对天花疫苗的兴趣已经减少：美国上次出现天花病例还是在1949年，1971年美国儿童不再常规接种天花疫苗。全世界最后一个自然出现的天花病例于1977年见于报道。

[193] David Maraniss,Barack Obama:The Story(New York:Simon & Schuster,2012),xxiii.

[194] Leonard Hayflick and Paul S.Moorhead,“The Serial Cultivation of Human Diploid Cell Strains,”Experimental Cell Research 25,no.3(1961):585—621.

[195] A.M.Rosenthal,“Red Tape Tangles India's Monkeys:Policy Shift Strands 5,000 Animals at Airport on Way Abroad for Medical Use,”New York Times,March 2,1958,p.26.

[196] 伦纳德·海弗利克，2012年10月3日与作者的访谈。

[197] Erling Norrby,Nobel Prizes and Life Sciences(Singapore:World Scientific,2010),70,and 123.

[198] Per Axelsson,“The Cutter Incident and the Development of a Swedish Polio Vaccine,1952—1957,”Dynamis 32,no.2(2012):312.

[199] 埃里克·吕克，2013年10月24日与作者的电话访谈；艾尔林·诺比，2013年9月20日与作者的访谈。

[200] World Health Organization,“Report to the Director-General,”July 24,1962,MHO/PA/140.62(World Health Organization Scientific Group on the Human Diploid Cell,Geneva,July 16—18,1962)；埃里克·吕克，电话访谈。

[201] 埃里克·吕克，电话访谈。

[202] Hayflick and Moorhead,“Serial Cultivation,”588.

[203] 伊娃·赫斯特伦，2013年9月26日与作者的访谈。

[204] 伊娃·赫斯特伦，1961年4月24日的日记。由伊娃·赫斯特伦提供。

[205] 出处同上，1961年5月2日。

[206] Leonard Hayflick et al.,“Preparation of Poliovirus Vaccines in a Human Fetal Diploid Cell Strain,”American Journal of Hygiene 75(1962):245.

[207] Wistar Institute of Anatomy and Biology,Biennial Research Report 1962—1963,22,Wistar Institute Archives,Philadelphia,PA.

[208] Department of Health Education,and Welfare,Public Health Service,NIH,Contract No:PH43—62—157,Feb.6,1962,1.由伦纳德·海弗利克提供。

[209] 出处同上，1；“Wistar Institute Comparative Balance Sheets as of 4/30/66,”p.4,UPT 50 R252,box 68,file folder 14,“Wistar Institute,1966,”Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania；“Wistar Institute Comparative Balance Sheets as of 10/31/67,”pages 2 and 4,UPT 50 R252,box 68,file folder 12,“Wistar Institute,1966—1967,”Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania。

[210] “The Wistar Institute Board of Managers Meeting,June 19,1962,”page 1,series UPC 4.1 VPMA,box 14,file folder “Wistar Institute,”University Archives and Records Center,University of Pennsylvania.

[211] National Institutes of Health,Contract no:PH43—62—157,Section 30:“Termination for the Convenience of Government,”part(g),p.HEW-315-6.

[212] 这部分和其他关于伊娃·厄恩霍尔姆的个人信息来自作者在2013年9月21日、22日与伊丽莎白·厄恩霍尔姆、霍坎·厄恩霍尔姆和拉尔斯·厄恩霍尔姆的访谈，以及与奥斯本·卡尔森的访谈，也参考了伊丽莎白·厄恩霍尔姆提供的文件。

[213] “Eva Ernholm:Bättre Upplysning—Färre Aborter Hävdar Ung Kristinehamnsgynekolog”(“Eva Ernholm:Better Education—Fewer Abortions,Claims Young Kristinehamn Gynecologist”),Nya Wermlandstidningens(Karlstad,Sweden),October 5,1963.原文为瑞典语；译者Lisa Tallroth。

[214] Per Gunnar Cassel,“Induced Legal Abortion in Sweden During 1939—1974:Change in Practice and Legal Reform,”Working Paper 2009:1(Stockholm:Stockholm University Demography Unit Department of Sociology,2009),4—5.

[215] “Swedish Medical Association:Rules for Physicians(Codex Ethicus Medicorum Svecorum),”Swedish Medical Journal 49,no.1(1951):1—3.

[216] Lena Lennerhed,Historier om ett brott(Stockholm:Bokförlaget Atlas,2008),引自英文版本：Cassel,“Induced Legal Abortion in Sweden,”5。

[217] Hayflick and Moorhead,“Serial Cultivation,”604.

[218] 估算基于默克公司每年制备风疹疫苗的WI—38细胞使用量。默克公司在最初制备风疹疫苗时，拥有大约1.2亿个倍增数低于20的WI—38细胞。

[219] Hayflick and Moorhead,“Serial Cultivation,”604.

[220] “Phoenix Abortion Ruling Delayed,”New York Times,July 28,1962.

[221] Eero Saksela and Paul S.Moorhead,“Aneuploidy in the Degenerative Phase of Serial Cultivation of Human Cell Strains,”Proceedings of the National Academy of Sciences 50(1963):390.

[222] J.P.Jacobs,C.M.Jones,and J.P.Baille,“Characteristics of a Human Diploid Cell Designated MRC-5,”Nature 227(1970):169.

[223] 《赖斯伯格备忘录》；《事实记录》，5—6。

[224] 《事实记录》，5—6；希拉里·科普罗夫斯基1962年10月6日致世卫组织W.C.科伯恩的信，1,investigations 9,folder 4,Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health。

[225] 《事实记录》，5—6。

[226] D.G.埃文斯1975年8月20日致罗纳德·拉蒙-哈弗斯的信，attachment,1—2,investigations 9,folder 1,Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health。

[227] 《施赖弗报告》，3。

[228] 伦纳德·海弗利克2015年10月27日写给作者的信。

[229] Edward Shorter,“The Health Century Oral History Collection,”interviewee:Dr.Bernice Eddy,December 4,1986,page 1,transcript at the National Library of Medicine,National Institutes of Health.

[230] 出处同上，12—15。

[231] J.A.莫里斯等1971年9月27日致罗伯特·Q.马斯顿（国家卫生研究院院长）的备忘录。该备忘录重印于Senate Subcommittee on Executive Reorganization and Government Research of the Committee on Government Operations,Consumer Safety Act of 1972:Hearings on Titles I and II of S.3419,92nd Cong.,2nd sess.,April 20 and 21 and May 3 and 4,1972,519,779。

[232] Shorter,“Health Century,”Bernice Eddy interview,3—4.

[233] Neal Nathanson and Alexander Langmuir,“The Cutter Incident:Poliomyelitis Following Formaldehyde-Inactivated Poliovirus Vaccination in the United States During the Spring of 1955 II:The Relationship of Poliomyelitis to Cutter Vaccine,”American Journal of Hygiene 78(1963):39.

[234] Paul A.Offit,“The Cutter Incident,50 Years Later,”New England Journal of Medicine 352(2005):1411.

[235] David M.Oshinsky,Polio:An American Story(New York:Oxford University Press,2005),237—238.

[236] 出处同上，519。

[237]“原代”是指猴肾细胞使用一次后即被处理掉，而不会像海弗利克的人胎细胞那样在培养皿中增殖许多代。

[238] Bernice E.Eddy and Sarah E.Stewart,“Characteristics of the SE Polyoma Virus,”American Journal of Public Health 49,no.11(1959):1492.

[239] Hilary Koprowski,“Live Poliomyelitis Virus Vaccines:Present Status and Problems for the Future,”Journal of the American Medical Association 178,no.12(1961):1153—54.

[240] Robert N.Hull,James R.Minner,and Carmine C.Mascoli,“New Viral Agents Recovered from Tissue Cultures of Monkey Kidney Cells III:Recovery of Additional Agents Both from Cultures of Monkey Tissues and Directly from Tissues and Excreta,”American Journal of Hygiene 68(1958):40.

[241] Bernice E.Eddy et al.,“Tumors Induced in Hamsters by Injection of Rhesus Monkey Kidney Cell Extracts,”Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 107,no.1(1961):191—97.

[242] 出处同上，193。

[243] Leo Morris et al.,“Surveillance of Poliomyelitis in the United States,1962—65,”Public Health Reports 82,no.5(1967):418.

[244] Debbie Bookchin and Jim Schumacher,The Virus and the Vaccine:Contaminated Vaccine,Deadly Cancers and Government Neglect(New York:St.Martin's,2004),71—73.该书详细得多地讲述了SV40的故事，建议有兴趣的读者读一读。

[245] B.H.Sweet and M.R.Hilleman,“The Vacuolating Virus SV40,”Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 105(1960):420—27,www.ncbi.nlm.nih.gov/ pubmed/13774265.这篇论文第561至568页可从此处获得：Senate Subcommittee on Executive Reorganization and Government Research of the Committee on Government Operations,Consumer Safety Act of 1972:Hearings。

[246] 伯尼斯·埃迪致约瑟夫·斯马德尔的备忘录，“The Presence of an Oncogenic Substance or Virus in Monkey Kidney Cell Cultures,”July 6,1960,Senate Subcommittee on Executive Reorganization and Government Research of the Committee on Government Operations,Consumer Safety Act of 1972:Hearings,551。

[247] 约瑟夫·斯马德尔致伯尼斯·埃迪的备忘录，“Requirements for Outside Lectures,”October 24,1960,Senate Subcommittee on Executive Reorganization and Government Research of the Committee on Government Operations,Consumer Safety Act of 1972:Hearings,549—50。

[248] Shorter,“Health Century,”Bernice Eddy interview,9.

[249] Sweet and Hilleman,“Vacuolating Virus SV40,”425—26.

[250] 出处同上。

[251] H.Koprowski,“Tin Anniversary of the Development of Live Virus

Vaccine,”Journal of the American Medical Association 174(1960):975.

[252]为了简洁，本书使用“脊髓灰质炎疫苗病毒”这个词。但是，海弗利克使用的科普罗夫斯基脊髓灰质炎疫苗病毒叫作CHAT，是1型脊髓灰质炎病毒。在三个脊髓灰质炎病毒类型中，1型导致了大多数病例。然而，市场上的脊髓灰质炎疫苗能防御全部三种类型的病毒：1型、2型和3型。关于这三类病毒的发现，以及它们的区别，参见David M.Oshinsky,Polio:An American Story（New York:Oxford University Press，2005），117—21。

[253] Hilary Koprowski and Stanley A.Plotkin,“Notes on Acceptance Criteria and Requirements for Live Poliovirus Vaccines”(World Health Organization Study Group on Requirements for Poliomyelitis Vaccine ［Live,Attenuated Poliovirus］,Geneva,November 7—12,1960),8—9.WHO/BS/IR/85/1 November 1960.

[254] 出处同上，10。

[255] Leonard Hayflick et al.,“Preparation of Poliovirus Vaccines in a Human Fetal Diploid Cell Strain,”American Journal of Hygiene 75(1962):240—58.

[256] Alan P.Goffe,James Hale,and P.S.Gardner,“Letter to the Editor,”Lancet 277,no.7177(1961):612.

[257] D.I.Magrath,Kate Russell,and J.O.Tobin,“Preliminary Communications:Vacuolating Agent,”British Medical Journal 2,no.5247(1961):287,http://www.ncbi.nlm.nih.gov/ pmc/articles/PMC1969653/.

[258] 希拉里·科普罗夫斯基1961年4月14日致议员肯尼斯·罗伯茨（众议院州际和对外商务委员会卫生与安全小组委员会主席）的信，见Polio Vaccines:Hearings Before a Subcommittee of the Committee on Interstate and Foreign Commerce of the House of Representatives,Eighty-Seventh Congress,First Session,on Developments with Respect to the Manufacture of Live Virus Polio Vaccine and Results of Utilization of Killed Virus Polio Vaccine,March 16—17,1961,311—12。

[259] S.A.Plotkin,H.Koprowski,and J.Stokes Jr.,“Clinical Trials in Infants of Orally Administered Attenuated Poliomyelitis Viruses,”Pediatrics 23,no.6(1959):1060.

[260] Keerti Shah and Neal Nathanson,“Human Exposure to SV40:Review and Comment,”American Journal of Epidemiology 103,no.1(1976):5.

[261] Eleanor Roosevelt,“My Day,”June 25,1956.重印于The Eleanor Roosevelt Papers Project,papers.columbian.gwu.edu。

[262] Roger Vaughan,Listen to the Music:The Life of Hilary Koprowski(New York:SpringerVerlag,2000),52;Edward Hooper,The River:A Journey to the Source of HIV and AIDS(Boston,New York,and London:Little,Brown,1999),406.

[263] 克林顿州立劳改场1960年出生记录。由爱德华·胡珀提供。

[264] Mary Q.Hawkes,Excellent Effect:The Edna Mahan Story(Arlington,VA:American Correctional Association,1994),109—10.

[265] Plotkin,Koprowski,and Stokes,“Clinical Trials in Infants,”1061.

[266] 出处同上，1041。

[267] Hooper,The River,424.

[268] Hayflick et al.,“Preparation of Poliovirus Vaccines,”251,257.

[269] 出处同上，253。

[270] 伦纳德·海弗利克，2014年11月19日与作者的访谈。

[271] Koprowski,“Live Poliomyelitis Virus Vaccines,”1154—55.

[272] Associated Press,“2 Companies Halt Salk-Shot Output,Seek to Eliminate a Monkey Virus,Believed Harmless,Found in Some Vaccine,”New York Times,July 26,1961.

[273] Bookchin and Schumacher,Virus and the Vaccine,103—4.

[274] “The Great Polio Vaccine Cancer Cover-up:Polio Shots May Kill You,”National Enquirer,August 20,1961,1,14—15,25.

[275] Hayflick et al.,“Preparation of Poliovirus Vaccines,”253.

[276] 出处同上，240—58。

[277] June 19,1961,draft of Hayflick et al.,“Preparation of Poliovirus Vaccines,”page 24,file folder “CHAT-WIHL,”Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA.

[278] Hayflick et al.,“Preparation of Poliovirus Vaccines,”256.

[279] Shorter,“Health Century,”Bernice Eddy interview,10.

[280] 罗德里克·默里（生物制品标准部主管）1961年1月16日通过约瑟夫·斯马德尔致伯尼斯·埃迪博士的备忘录，见Senate Subcommittee on Executive Reorganization and Government Research of the Committee on Government Operations,Consumer Safety Act of 1972:Hearings,592。

[281] 斯马德尔致埃迪的备忘录，“Requirements for Outside Lectures,”549。

[282] Shorter,“Health Century,”Bernice Eddy interview,7.

[283] Ruth Kirschstein,oral history,part 2,interview by Victoria Harden and Caroline Hannaway,October 29,1998,page 31,Office of NIH History,National Institutes of Health,Bethesda,Maryland.

[284] Edward Shorter,“The Health Century Oral History Collection,”interviewee:Maurice Hilleman,February 6,1987,page 8,transcript available at the National Library of Medicine,National Institutes of Health.

[285] Bernice Eddy et al.,“Identification of the Oncogenic Substance in Rhesus

Monkey Kidney Cell Cultures as Simian Virus 40,”Virology 17(1962):65—75.

[286] Hilary Koprowski et al.,“Transformation of Cultures of Human Tissue Infected with Simian Virus SV40,”Journal of Cellular and Comparative Physiology 59,no.3(1962):281—92,http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jcp.1030590308/abstract.

[287] Harvey M.Shein and John F.Enders,“Transformation Induced by Simian Virus 40 in Human Renal Cell Cultures I:Morphology and Growth Characteristics,”Proceedings of the National Academy of Sciences 48(1962):1164—72;Harvey M.Shein,John F.Enders,and Jeana D.Levinthal,“Transformation Induced by Simian Virus 40 in Human Renal Cell Cultures II:Cell-Virus Relationships,”Proceedings of the National Academy of Sciences 48(1962):1350—57.

[288] Shah and Nathanson,“Human Exposure to SV40,”3.

[289] 枢机主教约翰·奥哈拉（费城大主教）1959年6月26日致玛丽·雅各布嬷嬷的信，Accession R1990.004,Chancery Files,Philadelphia Archdiocesan Historical Research Center。

[290] 詹姆斯·A.普帕尔，2014年3月20日和11月19日与作者的访谈。

[291] Lisa Levenstein,A Movement Without Marches:African American Women and the Politics of Poverty in Postwar Philadelphia(Chapel Hill:University of North Carolina Press,2009),157—80.

[292] 出处同上，167；Donna Gentile O'Donnell,Provider of Last Resort:The Story of the Closure of the Philadelphia General Hospital(Philadelphia:Camino Books,2005):96。

[293] Levenstein,A Movement Without Marches,166,169,175—76.

[294] 出处同上，165；“Ten Year Report:Philadelphia General Hospital,”October 1961,pages 1—10,collection 80—101.2(“Philadelphia General Hospital,Ten Year Report,1952—1962”),Philadelphia City Archive。

[295] 出处同上，1。

[296] 出处同上，4。

[297] Joseph S.Pagano et al.,“The Response of Premature Infants to Infection with Attenuated Poliovirus,”Journal of Pediatrics 29,no.5(1962):794—807;Joseph S.Pagano,Stanley A.Plotkin,and Donald Cornely,“The Response of Premature Infants to Infection with Type 3 Attenuated Poliovirus,”Journal of Pediatrics 65,no.2(1964):165—75.

[298] 斯坦利·普洛特金，2016年7月20日写给作者的电子邮件。

[299] Pagano,Plotkin,and Cornely,“Response of Premature Infants,”174.

[300] 出处同上，807。

[301] 出处同上，806。

[302] 斯坦利·普洛特金，2015年5月25日与作者的访谈。

[303] Pagano,Plotkin,and Cornely,“Response of Premature Infants,”794.

[304] Leo Morris et al.,“Surveillance of Poliomyelitis in the United States,1962—65,”Public Health Reports 82,no.5(1967):419.

[305] 詹姆斯·A.普帕尔，2014年3月20日与作者的访谈。

[306] Katherine Auchy,St.Vincent's Hospital for Women and Children:Report of Inspection and Evaluation,Department of Public Welfare of the Commonwealth of Pennsylvania,March 1963,p.2,Cardinal Krol Papers,Philadelphia Archdiocesan Historical Research Center;Ruth McClain,St.Vincent's Hospital for Women and Children:Report of Inspection and Evaluation,Department of Public Welfare of the Commonwealth of Pennsylvania,April 1966,p.3,Cardinal Krol Papers,Philadelphia Archdiocesan Historical Research Center.

[307] Auchy,St.Vincent's Hospital for Women and Children:Report of Inspection and Evaluation.

[308] 关于圣文森特妇幼医院这些少女和妇女生活的材料来自：迪伊·克鲁森，2014年5月5日与作者的电话访谈；匿名人士，2014年4月12日与作者的电话访谈；弗兰·斯卡利塞，2014年4月14、15日与作者的电话访谈。

[309] McClain,Report of Inspection and Evaluation,Department of Public Welfare of the Commonwealth of Pennsylvania,April 1966,p.5.

[310] 玛丽·雅各布嬷嬷（管理人员）1959年6月18日致约瑟夫·斯托克斯的信，accession R1990.004,Chancery Files,Philadelphia Archdiocesan Historical Research Center。

[311] 玛丽·雅各布嬷嬷1959年7月1日致枢机主教约翰·奥哈拉的信，accession R1990.004,Chancery Files,Philadelphia Archdiocesan Historical Research Center。

[312] “Milestones,Sep.5,1960,”Time,September 5,1960,http://content.time.com/time/sub scriber/article/0,33009,826583,00.xhtml.

[313] 奥哈拉1959年6月26日致雅各布的信。

[314] 希拉里·科普罗夫斯基1960年3月7日致枢机主教约翰·奥哈拉的信，accession R1990.004,Chancery Files,Philadelphia Archdiocesan Historical Research Center。

[315] 玛丽·雅各布嬷嬷1960年3月17日致枢机主教约翰·奥哈拉的信，accession R1990.004,Chancery Files,Philadelphia Archdiocesan Historical Research Center。

[316] 枢机主教约翰·奥哈拉1960年3月22日致玛丽·雅各布嬷嬷的信，accession R1990.004,Chancery Files,Philadelphia Archdiocesan Historical Research Center。

[317] 詹姆斯·普帕尔，2014年3月20日与作者的访谈。

[318] T.W.Norton,Richard Carp,and Stanley A.Plotkin,“Summary of Feeding Results with Attenuated Polioviruses Grown in Human Diploid Cell Strains,”Virus Diseases/WP/6,July 5,1962,1—2(World Health Organization Scientific Group on the

Human Diploid Cell,Geneva,July 16—18,1962).

[319] “Ruth L.Kirschstein oral history interview,part 2,”Victoria Harden and Caroline Hannaway,October 29,1998,p.5,Office of NIH History,Oral History Archive,Bethesda,MD,https://history.nih.gov/archives/oral_histories.xhtml;Nicholas Wade,“Division of Biologics Standards:The Boat That Never Rocked,”Science 175(1972):1226.

[320] Leonard B.Seeff et al.,“A Serologic Follow-up of the 1942 Epidemic of Post-vaccination Hepatitis in the United States Army,”New England Journal of Medicine 316(1987):966.

[321] John Farley,To Cast Out Disease:A History of the International Health Division of the Rockefeller Foundation(1913—1951)(New York:Oxford University Press USA,2004),173,176.

[322] Roderick Murray et al.,“Hepatitis Carrier State II:Confirmation of Carrier State by Transmission Experiments in Volunteers,”Journal of the American Medical Association 154,no.13(1954):1072—74.

[323] David J.Rothman,Strangers at the Bedside:A History of How Law and Bioethics Transformed Medical Decision Making(New York:Aldine de Gruyter,1991,2003),30—69.

[324] William L.Laurence,“Drugs to Combat Malaria Are Tested in Prisons for Army,”New York Times,March 5,1945,1,30.

[325]今天，根据美国在1978年颁布实施的规定，在政府资助的人体实验中，囚犯会受到额外的保护。例如，如果囚犯是研究中的受试者，那么审批人体试验的伦理委员会就必须包括一名囚犯或囚犯代表。囚犯参与或拒绝参与试验，都不得影响他们的假释决定。此外，研究项目必须与囚犯有特别的关联，例如针对在监狱中出现频率极高的疾病的研究，或者针对监禁原因和影响的研究。

[326] Rothman,Strangers at the Bedside,33—34.

[327] 出处同上，38。

[328] 出处同上，51—60。

[329] Murray et al.,“Hepatitis Carrier State II,”1072.

[330] “Kirschstein oral history interview,part 2,”October 29,1998,p.4.

[331] 约翰·芬利森，2016年6月24日与作者的电话访谈。

[332] “Kirschstein oral history interview,part 2,”p.4.

[333] “Continuously Cultured Tissue Cells and Viral Vaccines:Potential Advantages May Be Realized and Potential Hazards Obviated by Careful Planning and Monitoring:Report of a Committee on Tissue Culture Viruses and Vaccines,”Science 139(1963):15—20.

[334] 出处同上，17。

[335] L.Hayflick et al.,“Choice of a Cell System for Vaccine Production,”Science 140(1963):766—68.

[336] World Health Organization,“Report to the Director-General,”MOH/ PA/140.62,July 24,1962,p.5(World Health Organization Scientific Group on the Human Diploid Cell,Geneva,July 16—181962).

[337] 出处同上，18,24。

[338] Hayflick et al.,“Choice of a Cell System,”768.

[339] World Health Organization,“Report to the Director-General,”19,24.

[340] 出处同上，24。

[341] Joseph S.Pagano et al.,“The Response and the Lack of Spread in Swedish School Children Given an Attenuated Poliovirus Vaccine Prepared in a Human Diploid Cell Strain,”American Journal of Hygiene 79(1964):83.

[342] F.Buser et al.,“Immunization with Live Attenuated Polio Virus Prepared in Human Diploid Cell Strains,with Special Reference to the WM-3 Strain,”in Proceedings, Symposium on the Characterization and Uses of Human Diploid Cell Strains(Opatija:International Association of Microbiological Societies,1963),386.

[343] Drago Ikć et al.,“Postvaccinal Reactions After Application of Poliovaccine Live,Oral Prepared in Human Diploid Cell Strains WI-38,”Proceedings,Symposium on the Characterization and Uses of Human Diploid Cell Strains(Opatija:International Association of Microbiological Societies,1963),405,406,413.

[344] 希拉里·科普罗夫斯基致弗雷·C.马科维亚克的信，December 11,1963,folder “Outgoing Correspondence,”Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA。

[345] Norman McAlister Gregg,“Congenital Cataract Following German Measles in the Mother,”Transactions of the Ophthalmological Society of Australia 3(1941):40.

[346] P.M.Dunn,“Perinatal Lessons from the Past:Sir Norman Gregg,ChM,MC,of Sydney(1892—1966) and Rubella Embryopathy,”Archives of Disease in Childhood,Fetal and Neonatal Edition 92,no.6(2007):F513—14,www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2675410/.

[347] 玛格丽特·伯吉斯，2015年2月23日写给作者的电子邮件；Margaret Burgess,“Gregg's Rubella Legacy 1941—1991,”Medical Journal of Australia 155(1991):355。

[348] Erwin Heinz Ackerknecht,A Short History of Medicine, rev.ed.(Baltimore and London:The Johns Hopkins University Press,1982),129.本书英文首版的出版信息为：Ronald Press Company,New York,1955。

[349] William George Maton,“Some Account of a Rash Liable to Be Mistaken for Scarlatina,”Medical Transactions Published by the College of Physicians of London 5(1815):149—65.

[350] Henry Veale,“History of an Epidemic of Rötheln,with Observations on Its

Pathology,”Edinburgh Medical Journal 12(1866):404—14.

[351] Dorothy Horstmann,“Maxwell Finland Lecture:Viral Vaccines and Their Ways,”Reviews of Infectious Diseases 1,no.3(1979):510.

[352] Alfred D.Heggie and Frederick C.Robbins,“Natural Rubella Acquired After Birth:Clinical Features and Complications,”American Journal of Diseases of Children 118(1969):15.

[353] Gregg,“Congenital Cataract,”42.

[354] Burgess,“Gregg's Rubella Legacy,”355.

[355] Gregg,“Congenital Cataract,”42.

[356] 出处同上，35—46。

[357] C.Swan et al.,“Congenital Defects in Infants Following Infectious Diseases During Pregnancy:With Special Attention to the Relationship Between German Measles and Cataract,Deaf-Mutism,Heart Disease and Microcephaly,and to the Period of Pregnancy in Which Occurrence of Rubella Is Followed by Congenital Abnormalities,”Medical Journal of Australia 2(1943):201—10.

[358] “Rubella and Congenital Malformations,”Lancet 1(1944):316.

[359] “Congenital Defects Following Maternal Rubella,”Journal of the American Medical Association 130(1946):574—75.

[360]没有书面记录显示在这次英国风疹疫情中有多少人感染，但是专家伊丽莎白·米勒指出，在那个时代没有发生疫情的年份，英格兰和威尔士有两三百名儿童患有先天性风疹综合征。米勒估计，风疹疫情后出生的先天性风疹综合征婴儿可能是这个数字的十倍。感兴趣的读者可以参阅：Elizabeth Miller,“Rubella in the United Kingdom,”Epidemiology and Infection 107(1991):34。

[361] Morris Greenberg,Ottavio Pellitteri,and Jerome Barton,“Frequency of Defects in Infants Whose Mothers Had Rubella During Pregnancy,”Journal of the American Medical Association 165,no.6(1957):675—76.

[362] Stella Chess,“Autism in Children with Congenital Rubella,”Journal of Autism and Childhood Schizophrenia 1,no.1(1971):33—47;Brynn E.Berger,Ann Marie NavarBoggan,and Saad B.Omer,“Congenital Rubella Syndrome and Autism Spectrum Disorder Prevented by Rubella Vaccination:United States,2001—2010,”BMC Public Health 11(2011):340,www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3123590/#B7.

[363] John Fry,J.B.Dillane,and Lionel Fry,“Rubella,1962,”British Medical Journal 2,no.5308(1962):833—34.

[364] Elizabeth Miller,“Rubella in the United Kingdom,”Epidemiology and Infection 107(1991):34;C.S.Peckham,“Congenital Rubella in the United Kingdom Before 1970:The Prevaccine Era,”Reviews of Infectious Diseases 7(supp.1)(1985):S11—21.

[365] “News in Brief,”Times(London),Thursday,March 15,1962,6.

[366] “German Measles at Eton,”Times(London),Tuesday,March 27,1962,16.

[367] Eric Todd,“Shackleton's Old Tricks Serve Him Well Against Yorkshire:Wilson Consoles the Partisans,”Guardian,June 28,1962,10.

[368]gosh为“天哪，啊呀”之义。——译注

[369] A Mother,“Difficult Duty,”Guardian,August 9,1963,6.

[370] Thomas H.Weller and Franklin A.Neva,“Propagation in Tissue Culture of Cytopathic Agents from Patients with Rubella-Like Illness,”Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 111(October 1962):216—25.

[371]这个政府部门的名称变更过许多次，如今叫疾病控制与预防中心，但是原来的首字母缩写“CDC”始终未改。［根据时期不同，本书中的“CDC”分别译为“传染疾病中心”（1970年6月24日以前）、“疾病控制中心”（1970—1992年）、“疾病控制与预防中心”（1992年至今）。—译注］

[372] Paul D.Parkman,Edward L.Buescher,and Malcolm S.Artenstein,“Recovery of Rubella Virus from Army Recruits,”Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 111(1962):225—30.

[373] Lee Plotkin,Anecdotes of My Life,a self-published memoir(Lee Plotkin,Stanley Plotkin,and Brenda Magalaner,1986),1986,38—45,57—61,66—71.

[374] 斯坦利·普洛特金的传记信息来自作者在2013和2015年对普洛特金的采访，采访的具体日期见参考文献；来自Anecdotes of My Life,a 1986 memoir by Stanley Plotkin's mother,Lee Plotkin；还来自 Stanley A.Plotkin,“The Late Sequelae of Arrowsmith,”Pediatric Infectious Disease Journal 21(2002):807—8。

[375] 出处同上，808。

[376] “Memorandum to Editors Concerning Press,Radio and Television Conference,”June 15,1959,UPA 4,box 114,file folder “Lederle Laboratories National Drug Company(1955—1960),”Office of the President Records,Gaylord P.Harnwell Admin.1955—1960,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania.

[377] Stanley A.Plotkin,John A.Dudgeon,and A.Melvin Ramsay,“Laboratory Studies on Rubella and the Rubella Syndrome,”British Medical Journal 2,no.5368(1963):1299.

[378] 出处同上。

[379] J.A.Dudgeon,N.R.Butler,and Stanley A.Plotkin,“Further Serological Studies on the Rubella Syndrome,”British Medical Journal 2,no.5402(1964):159—60.

[380] L.S.Oshiro,N.J.Schmidt,and E.H.Lennette,“Electron Microscopic Studies of Rubella Virus,”Journal of General Virology 5(1969):205.

[381] Robert S.Duszak,“Congenital Rubella Syndrome—Major

Review,"Optometry 80(2009):38—39;Van Hung Pham et al.,"Rubella Epidemic in Vietnam:Characteristic of Rubella Virus Genes from Pregnant Women and Their Fetuses/Newborns with Congenital Rubella Syndrome,"Journal of Clinical Virology 57(2013):152.

[382] William S.Webster,"Teratogen Update:Congenital Rubella,"Teratology 58(1998):16,http://teratology.org/updates/58pg13.pdf;J.E.Banatvala and D.W.G.Brown,"Seminar:Rubella,"Lancet 363(2004):1129.

[383] Joseph A.Bellanti et al.,"Congenital Rubella:Clinicopathologic,Virologic,and Immunologic Studies,"American Journal of Diseases of Children 110(1965):465,470;Thong Van Nguyen,Van Hung Pham,and Kenji Abe,"Pathogenesis of Congenital Rubella Infection in Human Fetuses:Viral Infection in the Ciliary Body Could Play an Important Role in Cataractogenesis,"EBioMedicine 2(2015):59—60.

[384] Webster,"Teratogen Update,"17—20.

[385]批评者最初不相信澳大利亚人诺曼·格雷格在1941年的发现，原因之一在于格雷格的研究是"回溯性的"，也就是说他是在婴儿出生并且被确诊患有先天性风疹后，才去询问婴儿母亲的风疹病史。相反，这项1988年发表于《柳叶刀》上、发现胚胎全都受影响的研究则是前瞻性的，科学家从孕妇在孕早期确诊患风疹开始追踪调查，并在婴儿出生后观察婴儿的情况。

[386] Stanley A.Plotkin and Antti Vaheri,"Human Fibroblasts Infected with Rubella Produce a Growth Inhibitor,"Science 156(1967):659—61.

[387] W.E.Rawls,J.Desmyter,and J.L.Melnick,"Virus Carrier Cells and Virus Free Cells in Fetal Rubella,"Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 129(1968):477—83;Webster,"Teratogen Update,"21.

[388] W.Dimech et al.,"Evaluation of Three Immunoassays Used for Detection of Anti-Rubella Virus Immunoglobulin M Antibodies,"Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology 12,no.9(September 2005):1104—8,www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1235794/.

[389] Gisella Enders et al.,"Outcome of Confirmed Periconceptual Maternal Rubella,"Lancet 331,no.8600(1988):1445—47(首版为vol.1,no.8600).

[390] M.M.Desmond,"Congenital Rubella Encephalitis,Course and Early Sequelae,"Journal of Pediatrics 71,no.3(1967):311—31.

[391] Jill M.Forrest,Margaret A.Menser,and J.A.Burgess,"High Frequency of Diabetes Mellitus in Young Adults with Congenital Rubella,"Lancet 297,no.7720(1971):332—34.

[392] John F.O'Neill,"The Ocular Manifestations of Congenital Infection:A Study of the Early Effect and Long-Term Outcome of Maternally Transmitted Rubella and Toxoplasmosis,"Transactions of the American Ophthalmological Society 96(1998):858—68.

[393] Stephen A.Winchester et al.,"Persistent Intraocular Rubella Infection in a

Patient with Fuchs' Uveitis and Congenital Rubella Syndrome,"Journal of Clinical Microbiology 51,no.5(2013):1622—24,www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3647901/.

[394] Margaret A.Menser,Lorimer Dods,and J.D.Harley,"A Twenty-five-Year Follow-up of Congenital Rubella,"Lancet 290,no.7530(1967):1347—50.

[395] Miller,"Rubella in the United Kingdom,"32;John J.Witte et al.,"Epidemiology of Rubella,"American Journal of Diseases of Children 118(1969):107.

[396] 斯坦利·普洛特金1963年11月4日致阿拉斯泰尔·达吉恩的信，folder "Correspondence-out,October 1963—December 1964,"Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA。

[397] William S.Webster,"Teratogen Update:Congenital Rubella,"Teratology 58(1998):13,http://teratology.org/updates/58pg13.pdf.

[398] 斯坦利·A.普洛特金致希拉里·科普罗夫斯基的备忘录,"Reference:Christmas Party,"December 11,1963,folder "Correspondence-out,October 1963—December 1964,"Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA。

[399] Vincent Cristofalo,"Profile in Gerontology:Leonard Hayflick,PhD,"Contemporary Gerontology 9,no.3(2003):83.

[400] Eugene B.Buynak et al.,"Live Attenuated Rubella Virus Vaccines Prepared in Duck Embryo Cell Culture,I:Development and Clinical Testing,"Journal of the American Medical Association 204,no.3(1968):195.

[401] David J.Rothman,Strangers at the Bedside:A History of How Law and Bioethics Transformed Medical Decision Making(New York:Aldine de Gruyter,1991,2003),40,51—59.

[402] "Wistar Institute Comparative Balance Sheets as of 4/30/66,"p.4,UPT 50 R252,box 68,file folder 14,"Wistar Institute,1966,"Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania;"Wistar Institute Comparative Balance Sheets as of 10/31/67,"p.4,UPT 50 R252,box 68,file folder 12,"Wistar Institute,1966—1967,"Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania;Robert Dechert,"Memorandum of RD's Discussion with Dr.Thomas Norton and Dr.Stanley Plotkin About the Work of the Latter,"p.2,January 12,1968,folder "DBS,"Stanley Plotkin private papers.

[403] Alan D.Lourie to Thomas Norton,"Discoveries or Inventions Developed Under Public Health Service Research Grants and Awards,"March 13,1968,p.3,folder "SKF Correspondence 1968,"Stanley Plotkin Private papers,Doylestown,PA.

[404] 斯坦利·普洛特金1963年11月4日致阿拉斯泰尔·达吉恩的信，folder "Correspondence-out,"Stanley Plotkin private papers。

[405] Wolfgang Saxon,"Harry Martin Meyer Jr.,72;Helped Create Rubella Vaccine,"New York Times,August 25,2001,www.nytimes.com/2001/08/25/us/

harry-martin-meyer-jr-72-helped-create-rubella-vaccine.xhtml.

[406] Paul D.Parkman et al.,“Attenuated Rubella Virus I.:Development and Laboratory Characterization,”New England Journal of Medicine 275(1966):569—74;Harry M.Meyer Jr.Paul D.Parkman,and Theodore C.Panos,“Attenuated Rubella Virus II:Production of an Experimental Live-Virus Vaccine and Clinical Trial,”New England Journal of Medicine 275,no.11(1966):575.

[407] Stanley A.Plotkin,Andre Boué and Joelle G.Boué,“The In Vitro Growth of Rubella Virus in Human Embryo Cells,”American Journal of Epidemiology 81,no.1(1965):71—85;Stanley A.Plotkin and Antti Vaheri,“Human Fibroblasts Infected with Rubella Produce a Growth Inhibitor,”Science 156(1967):659—61.

[408] 威斯塔研究所董事会1964年6月22日会议纪要。这些会议纪要在宾夕法尼亚州费城威斯塔研究所一部会议纪要装订集的第195页。

[409] Communicable Disease Center,“Rubella,”Morbidity and Mortality Weekly Report 13,no.12(1964):93—101.

[410]普洛特金和同事之所以报告的是黑人新生儿的数据，是因为费城综合医院的几乎所有新生儿都是黑人。实际上，他们计算的是患有先天性心脏缺陷和眼疾——这是先天性风疹综合征的一个特征——的婴儿的数量。先天性风疹综合征的最常见症状失聪，很难在新生儿身上诊断，也就没有纳入统计中。他们估计，实际上费城综合医院有近1.4%的新生儿受到感染。

[411] “Surveillance Summary:Rubella—United States,”Morbidity and Mortality Weekly Report 19,no.34(1970):335;J.J.Witte et al.,“Epidemiology of Rubella,”American Journal of Diseases of Children 118,no.1(July 1969):107—11.

[412] Stanley Plotkin,index cards cataloging infants born with congenital rubella syndrome,Stanley Plotkin private papers.

[413] Stanley Plotkin,“List of Patients,”file folder “Rubella Patients,”Stanley Plotkin private papers.

[414] J.M.Lindquist et al.,“Congenital Rubella Syndrome as a Systemic Infection:Studies of Affected Infants Born in Philadelphia,USA,”British Medical Journal 2(1965):1402.

[415] Stanley A.Plotkin,“Virologic Assistance in the Management of German Measles in Pregnancy,”Journal of the American Medical Association 190(1964):268.

[416] 匿名人士1964年4月2日致斯坦利·普洛特金的信，folder “Correspondence-in,”Stanley Plotkin private papers。

[417] Plotkin,“Virologic Assistance,”266—67.

[418] 出处同上，267。

[419] R.比弗致编辑的信，及J.D.普赖斯致编辑的信（标题皆是“Rubella and Termination of Pregnancy”）,British Medical Journal 2,no.5416(October 24,1964):1075—76。

[420] 普赖斯致编辑的信，1076。

[421] Stanley A.Plotkin,“Rubella and Termination of Pregnancy”(unpublished letter to the editor of the British Medical Journal),November 20,1964,folder “Correspondence-out,”Stanley Plotkin private papers.

[422] 斯坦利·普洛特金，2012年12月18日与作者的访谈。

[423] 会议纪要，“Meeting of the Committee on Congenital Malformations,American Academy of Pediatrics,”May 8,1965,Philadelphia,file folder “Correspondence-in,”Stanley Plotkin private papers。

[424] Robert E.Hall,“Abortion in American Hospitals,”American Journal of Public Health 57,no.11(1967):1934.

[425] Robert E.Hall,“Therapeutic Abortion,Sterilization,and Contraception,”American Journal of Obstetrics and Gynecology 91,no.4(1965):523.

[426] Leslie J.Reagan,Dangerous Pregnancies:Mothers,Disabilities,and Abortion in Modern America(Berkeley and Los Angeles:University of California Press,2010),73—74.

[427] 出处同上，74—75。

[428] 出处同上，73。

[429] 斯坦利·普洛特金1965年2月5日致亨利·菲特曼博士的信，folder “Correspondence-out,”Stanley Plotkin private papers。

[430] 斯坦利·普洛特金1964年10月13日致伦纳德·M.波波维奇博士的信，folder “Correspondence-out,”Stanley Plotkin private papers。

[431] Alfred D.Heggie and Frederick C.Robbins,“Natural Rubella Acquired After Birth:Clinical Features and Complications,”American Journal of Diseases of Children 118(1969):15.

[432] National Communicable Disease Center,“Estimated Morbidity Associated with the 1964—1965 U.S.Rubella Epidemic,”in Rubella Surveillance Report No.1(Washington,DC:U.S.Department of Health,Education and Welfare,Public Health Service,June 1969),12.

[433] 出处同上，“Preface,”1。

[434] 斯坦利·普洛特金1964年1月23日致富兰克林·佩恩（宾夕法尼亚大学医院妇产科主任）的信，folder “Correspondence-out,”Stanley Plotkin private papers。

[435]尽管风疹病毒会抑制细胞分裂，但来自第27号胎儿的肾细胞在培养瓶中生长了很久，足以分离四次。普洛特金猜测，之所以如此是因为他最初将细胞放进培养瓶时，被风疹病毒感染的细胞数量相对较少。

[436] 斯坦利·普洛特金1964年11月24日致莱斯特·艾森伯格医生（切里希尔医院妇产科）的信，folder “Correspondence-out,”Stanley Plotkin private papers。

[437] 出处同上。

[438] Stanley A.Plotkin,David Cornfeld,and Theodore H.Ingalls,“Studies of Immunization with Living Rubella Virus:Trials in Children of a Strain Cultured from an Aborted Fetus,”American Journal of Diseases of Children 110(1965):382.

[439] H.Koprowski,“Vaccines Against Rabies:Present and Future,”First International Conference on Vaccines Against Viral and Rickettsial Diseases of Man:Papers Presented and Discussions Held in Washington,D.C.,November 7—11,1966(Washington,DC:Pan American Health Organization Scientific Publication No.147,May 1967),488.

[440] Roger Vaughan,Listen to the Music:The Life of Hilary Koprowski(New York:Springer-Verlag,2000),67.

[441] Deborah J.Briggs,“Human Rabies Vaccines,”in Rabies,2nd ed.,ed.Alan C.Jackson and William H.Wunner(London:Academic Press,2007),506.

[442] World Health Organization,WHO Expert Consultation on Rabies:Second Report,WHO Technical Report Series,No.982(Geneva:World Health Organization 2013),8.

[443] W.Suraweera et al.,“Deaths from Symptomatically Identifiable Furious Rabies in India:A Nationally Representative Mortality Survey,”PLoS Neglected Tropical Diseases 6,no.10(2012):e1847;M.K.Sudarshan,“Assessing Burden of Rabies in India:WHO-Sponsored National Multi-Centric Rabies Survey,”Association for the Prevention and Control of Rabies in India Journal 6(May 2004):44—45.

[444] George M.Baer,ed.,The Natural History of Rabies,2nd ed.(Boca Raton,FL:CRC,1991):523.

[445] 出处同上，524。

[446] 出处同上。

[447] Elisabeth Emerson,Public Health Is People:A History of the Minnesota Department of Health from 1949 to 1999(St.Paul:Minnesota Department of Health,2002),35,and 61—62,www.health.state.mn.us/library/publichealthispeople19491999.xhtml.

[448] Communicable Disease Center,“Annual Supplement:Summary 1965,”Morbidity and Mortality Weekly Report 14,no.53(1966):48.

[449] U.S.Department of Health,Education and Welfare,National Office of Vital Statistics,“Annual Supplement:Reported Incidence of Notifiable Diseases in the United States,1952,”Morbidity and Mortality Weekly Report 1,no.54(1953):7.

[450] Louis Pasteur,“Méthode pour Prévenir la Rage Après Morsure,”Comptes Rendus de l’Academie des Sciences 101:765—74.For a concise English rendition of Pasteur's advance,see Hervé Bazin,“Pasteur and the Birth of Vaccines Made in the Laboratory,”in History of Vaccine Development,ed.Stanley A.Plotkin(New York:Springer Science ＋ Business Media,2011),39—41.

[451] Madureira Pará,“An Outbreak of Post-vaccinal Rabies(Rage de Laboratoire) in Fortaleza,Brazil,in 1960:Residual Fixed Virus as the Etiological Agent,”Bulletin of the World Health Organization 33(1965):177—82,www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5294589.

[452] 出处同上，181。

[453] Franklin B.Peck Jr.,Horace M.Powell,and Clyde G.Culbertson,“Duck Embryo Rabies Vaccine:Study of Fixed Virus Vaccine Grown in Embryonated Duck Eggs and Killed with Beta-Propiolactone(BPL),”Journal of the American Medical Association 162,no.15(1956):1373;Hervé Bourhy,Annick Perrot,and Jean-Marc Cavaillon,“Rabies,”in:Andrew W.Artenstein,ed.,Vaccines:A Biography(New York:Springer Science ＋ Business Media,2010),84.

[454] Franklin B.Peck Jr.,Horace M.Powell,and Clyde G.Culbertson,“New Antirabies Vaccine for Human Use,”Journal of Laboratory and Clinical Medicine 45,no.5(1955):679—83.

[455] Peck,Powell,and Culbertson,“Duck Embryo Rabies Vaccine,”1373.

[456] Koprowski,“Vaccines Against Rabies,”489.

[457] Baer,Natural History of Rabies,418.

[458] Communicable Disease Center,“Annual Supplement:Summary 1965,”Morbidity and Mortality Weekly Report 14,no.53(1966):5.

[459] 出处同上，49。

[460] R.E.Kissling,“Growth of Rabies Virus in Non-nervous Tissue Culture,”Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 98,no.2(June 1958):223—25.

[461] Tadeusz J.Wiktor,Stanley A.Plotkin,and Hilary Koprowski,“Development and Clinical Trials of the New Human Rabies Vaccine of Tissue Culture(Human Diploid Cell) Origin,”Developments in Biological Standardization 40(1978):4.

[462] Vaughan,Listen to the Music,121.

[463] T.J.Wiktor,M.V.Fernandes,and H.Koprowski,“Cultivation of Rabies Virus in Human Diploid Cell Strain WI-38,”Journal of Immunology 93(September 1964):354—55.

[464] T.J.Wiktor,M.V.Fernandes,and H.Koprowski,“Potential Use of Human Diploid Cell Strains for Rabies Vaccine,”Proceedings:Symposium on the Characterization and Uses of Human Diploid Cell Strains:Opatija 1963(no location given:Permanent Section on Microbiological Standardization,International Association of Microbiological Societies,1963):354—56.

[465] John A.Anderson,Frank T.Daly Jr.,and Jack C.Kidd,“Human Rabies After Antiserum and Vaccine Postexposure Treatment:Case Report and Review,”Annals of Internal Medicine 64,no.6(1966):1297—1302.

[466] Basil Rice,“Rabies Threat Worsens,”Kingsport(TN) Times-News,May 9,1964,2.

[467] 出处同上。

[468] Richard R.Leger,“Alarm over Rabies:Disease Infects Wildlife in More Areas,Posing Threat to Vacationers;Rabid Foxes Terrorize County in Tennessee;Convicts May Test New Type of Vaccine;Skunks and Bats Are Carriers,”Wall Street Journal,May 19,1965,1.

[469] Communicable Disease Center,“Rabies in Animals and Man—1964:Annual Surveillance Summary,”Morbidity and Mortality Weekly Report 14,no.31(1965):266.

[470] Leger,“Alarm over Rabies.”

[471] 出处同上。

[472] 出处同上。

[473] Anderson,Daly,and Kidd,“Human Rabies After Antiserum,”1300—1301.

[474] Communicable Disease Center,“Human Rabies:Minnesota,”Morbidity and Mortality Weekly Report 13,no.38(1964):330;Gary Sprick obituary,Rochester(MN) Post-Bulletin,September 2,1964,www.findagrave.com/cgi-bin/fg.cgi?page＝gr&GRid＝114649224.

[475] Communicable Disease Center,“Rabies in Animals and Man,”269.

[476] Communicable Disease Center,“Epidemiologic Notes and Reports:Human Rabies Death—South Dakota,”Morbidity and Mortality Weekly Report 15,no.38(1966):3225—26.

[477] Leger,“Alarm over Rabies”;Centers for Disease Control,“Recommendation of the Immunization Practices Advisory Committee(ACIP):Rabies Prevention,”Morbidity and Mortality Weekly Report 29,no.3(1980):267.

[478] Communicable Disease Center,“Human Rabies Death:West Virginia,”Morbidity and Mortality Weekly Report 14,no.23(1965):195.

[479] Wiktor,Fernandes,and Koprowski,“Cultivation of Rabies Virus,”353—60.

[480] Wiktor,Plotkin,and Koprowski,“Development and Clinical Trials,”5.

[481] T.J.Wiktor and H.Koprowski,“Successful Immunization of Primates with Rabies Vaccine Prepared in Human Diploid Cell Strain WI-38,”Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 118(1965):1069—73.

[482] Mario V.Fernandes,Hilary Koprowski,and Tadeusz J.Wiktor,“Method of Producing Rabies Vaccine,”U.S.Patent 3,397,267,filed September 21,1964,and issued August 13,1968,http://www.google.com/patents/US3397267.

[483] 史克法公司产品采购与授权主管戴维·兰辛1966年5月3日致托马斯·W.诺顿的信，folder “SKF Correspondence 1968,”Stanley Plotkin private

papers,Doylestown,PA。

[484] Claude Bernard,An Introduction to the Study of Experimental Medicine,trans.Henry Copley Greene(New York:Dover,1957),101(首版于1865年出版).

[485] Stanley Plotkin,“Protocol for Rubella Study,”November 1,1963,folder “St.Vincent's,”Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA.罗莎·霍夫拉赫尔，2014年10月21日与作者的访谈；Jim Butler,“For Dependent Children,a ‘Home’ Is Not a Home,”Catholic Standard and Times(Philadelphia),January 19,1968,8。

[486] 玛丽·泰蕾兹·汉森，2014年10月24日与作者的电话访谈；霍夫拉赫尔，与作者的访谈；Butler,“For Dependent Children,”8。

[487] Ruth McClain,“St.Vincent's Hospital for Women and Children:Report of Inspection and Evaluation,”Department of Public Welfare of the Commonwealth of Pennsylvania,April 1966,p.5,Cardinal Krol Papers,Philadelphia Archdiocesan Historical Research Center.

[488] Butler,“For Dependent Children,”8.

[489] 霍夫拉赫尔，2014年10月21日与作者的访谈。

[490] 玛丽·泰蕾兹·汉森，2014年10月24日与作者的电话访谈。

[491] 斯坦利·普洛特金，2012年12月18日与作者的访谈。

[492] “Court's Abortion Rulings Termed ‘Tragic’ by Cardinal,Bishops,Pro-life Spokesmen,”Catholic Standard and Times(Philadelphia),January 25,1973,1.另见John Cardinal Krol,“Statement on Abortion:A Statement Issued by the President of the National Conference of Catholic Bishops,”January 22,1973,www.priestsforlife.org/magisterium/bishops/73-01-22statementonabortionnccb.htm(accessed February 1,2016)。

[493] Stanley A.Plotkin,David Cornfeld,and Theodore H.Ingalls,“Studies of Immunization with Living Rubella Virus:Trials in Children of a Strain Cultured from an Aborted Fetus,”American Journal of Diseases of Children 110(1965):382.

[494] 斯坦利·普洛特金1964年5月15日致泰珀博士（国家卫生研究院生物制品标准部）的信，folder “DBS,”Stanley Plotkin private papers。

[495] 罗德里克·默里（生物制品标准部主管）1964年5月21日致斯坦利·普洛特金的信，p.1,folder “DBS,”Stanley Plotkin private papers。

[496] 出处同上，p.2；“Continuously Cultured Tissue Cells and Viral Vaccines:Potential Advantages May Be Realized and Potential Hazards Obviated by Careful Planning and Monitoring:Report of a Committee on Tissue Culture Viruses and Vaccines,”Science 139(1963):15—20。

[497] 默里1964年5月21日致普洛特金的信。

[498] 斯坦利·普洛特金，2016年2月24日写给作者的电子邮件。

[499] 斯坦利·普洛特金，2015年5月25日与作者的访谈。

[500] 斯坦利·普洛特金1964年5月8日致西奥多·英戈尔斯的信，file folder “St.Vincent's,”Stanley Plotkin private papers。

[501] Y.Hiro and S.Tasaka,“Die röetheln sind eine Viruskrankheit,”Mschr Kinderheilk 76(1938):328—32.（该论文标题英译为“Rubella Is a Viral Disease”。）

[502] S.Krugman et al.,“Studies on Rubella Immunization I:Demonstration of Rubella Without Rash,”Journal of the American Medical Association 151,no.4(1953):285—88.

[503] John L.Sever et al.,“Rubella Virus,”Journal of the American Medical Association 162,no.6(1962):663—71.

[504] 斯坦利·普洛特金，2015年5月25日与作者的访谈。

[505] Plotkin,Cornfeld,and Ingalls,“Studies of Immunization,”382.

[506] 出处同上。

[507] 出处同上。

[508] 出处同上；斯坦利·普洛特金1964年10月6日致乔治·A.杰维斯的信,file folder “Correspondenceout,”Stanley Plotkin private papers。

[509] Plotkin,Cornfeld,and Ingalls,“Studies of Immunization,”383—84.

[510] 出处同上，387—88。

[511] 所有关于文茨勒一家的信息，以及他们的故事，都来自作者在2015年3月19日、3月23日、4月16日、4月18日和5月25日对玛丽·文茨勒与史蒂夫·文茨勒的面对面访谈和电话访谈，以及后续与他们的电子邮件。

[512] J.C.McDonald,“Gamma-Globulin for Prevention of Rubella in Pregnancy,”British Medical Journal 2,no.5354(1963):416.

[513] 出处同上，418。

[514] 玛丽·文茨勒，2015年3月23日与作者的访谈。

[515] Harold G.Scheie et al.,“Congenital Rubella Cataracts:Surgical Results and Virus Recovery from Intraocular Tissue,”Archives of Ophthalmology 77(1967):444.

[516] 约翰·F.奥尼尔，2015年6月1日与作者的访谈。

[517] John F.O'Neill,“The Ocular Manifestations of Congenital Infection:A Study of the Early Effect and Long-Term Outcome of Maternally Transmitted Rubella and Toxoplasmosis,”Transactions of the American Ophthalmological Society 96(1998):839,867.

[518] 出处同上，867。

[519] 约翰·F.奥尼尔，2015年6月1日与作者的访谈。

[520] O'Neill,“Ocular Manifestations,”834;Scheie et al.,“Congenital Rubella Cataracts,”442.

[521] Norman McAlister Gregg,“Congenital Cataract Following German Measles in the Mother,”Transactions of the Ophthalmological Society of Australia 3(1941):39.

[522] M.E.Oster,T.Riehle-Colarusso,and A.Correa,“An Update on Cardiovascular Malformations in Congenital Rubella Syndrome,”Birth Defects Research Part A:Clinical and Molecular Teratology 88,no.1(2010):1—8.

[523] S.Chess,P.Fernandez,and S.Korn,“Behavioral Consequences of Congenital Rubella,”Journal of Pediatrics 93,no.4(1978):699—703;William S.Webster,“Teratogen Update:Congenital Rubella,”Teratology 58(1998):20;Stella Chess,“Autism in Children with Congenital Rubella,”Journal of Autism and Childhood Schizophrenia 1,no.1(1971):33.

[524] C.J.Priebe Jr.,J.A.Holahan,and P.R.Ziring,“Abnormalities of the Vas Deferens and Epidiymis in Cryptorchid Boys with Congenital Rubella,”Journal of Pediatric Surgery 14,no.6(1979):834—38.

[525] Stanley A.Plotkin,“History of Rubella Vaccines and the Recent History of Cell Culture,”in Vaccinia,Vaccination and Vaccinology:Jenner,Pasteur and Their Successors,S.Plotkin and B.Fantini,eds.(Paris:Elsevier,1996),275.

[526] Eugene Buynak et al.,“Live Attenuated Rubella Virus Vaccines Prepared in Duck Embryo Cell Culture,”Journal of the American Medical Association 204,no.3(1968):196.

[527] David J.Rothman,Strangers at the Bedside:A History of How Law and Bioethics Transformed Medical Decision Making(New York:de Gruyter,1991,2003),64.

[528] Leslie J.Reagan,Dangerous Pregnancies:Mothers,Disabilities,and Abortion in Modern America(Berkeley and Los Angeles:University of California Press,2010),63—64.

[529] 保罗·帕克曼，2015年4月7日与作者的访谈。

[530] 出处同上。

[531] 出处同上；Reagan,Dangerous Pregnancies,181。

[532] 帕克曼，与作者的访谈。

[533] Sarah Leavitt,“Dr.Paul Parkman Interview,”June 7,2005,p.20,Office of NIH Oral History Program,National Institutes of Health.

[534] Harry M.Meyer Jr.,Paul D.Parkman,and Theodore C.Panos,“Attenuated Rubella Virus II:Production of an Experimental Live-Virus Vaccine and Clinical Trial,”New England Journal of Medicine 275,no.11(1966):575.

[535] Leavitt,“Dr.Paul Parkman Interview,”19.

[536] Rothman,Strangers at the Bedside,56.

[537] Leavitt,“Dr.Paul Parkman Interview,”21—22.

[538] Meyer,Parkman,and Panos,“Attenuated Rubella Virus II,”575—80.

[539] 玛丽·泰蕾兹·汉森，2014年10月24日与作者的电话访谈。

[540] “New Patients Arrive Monday,”Hamburg Item,January 7,1960;“Local T-B Hospital Changed by Law to Child Welfare,”Hamburg Item,December 3,1959,p.1.

[541] 弗朗西斯·穆勒，2015年5月21日与作者的访谈。

[542] 贾斯珀·G.陈·西伊1967年2月1日致本杰明·克拉克的信，folder “Hamburg-I,”Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA。

[543] 贾斯珀·G.陈·西伊1967年10月30日致本杰明·克拉克的信,folder “Hamburg-I,”Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA。

[544] “Patients Move Around Like Robots:Retarded at Hamburg State School Are Kept Heavily Drugged According to Superintendent,”Observer-Reporter(Washington,PA),April 20,1973,p.A13.

[545] 斯坦利·普洛特金1968年3月25日致本杰明·克拉克的信,folder “Hamburg IX,”Stanley Plotkin private papers；弗朗西斯·穆勒2015年5月21日与作者的访谈。

[546] Stanley A.Plotkin et al.,“A New Attenuated Rubella Virus Grown In Human Fibroblasts:Evidence For Reduced Nasopharyngeal Excretion,”American Journal of Epidemiology 86(1967):469.

[547] Henry K.Beecher,“Ethics and Clinical Research,”New England Journal of Medicine 274,no.24(1966):1354—60,www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM196606162742405.

[548] 出处同上，1355。

[549] Rothman,Strangers at the Bedside,273.

[550] Captain Robert Chamovitz et al.,“Prevention of Rheumatic Fever by Treatment of Previous Streptococcal Infections I:Evaluation of Benzathine Penicillin G,”New England Journal of Medicine 251,no.12(1954):466—71.

[551] Saul Krugman et al.,“Infectious Hepatitis:Detection of Virus During the Incubation Period and in Clinically Inapparent Infection,”New England Journal of Medicine 261(1959):729—34.

[552] Elinor Langer,“Human Experimentation:Cancer Studies at Sloan-Kettering Stir Public Debate on Medical Ethics,”Science 143(1964):552.

[553] Rothman,Strangers at the Bedside,87—90.

[554] William H.Stewart,“Surgeon General's Directives on Human Experimentation,”PPO #129(Bethesda,MD:U.S.Public Health Service Division of Research Grants,revised July l,1966).

[555] Rothman,Strangers at the Bedside,38;罗斯博士1967年10月6日致泽尔尼克的备忘录,file folder “Vaccine Development Board,”Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA。

[556] 斯坦利·普洛特金1966年7月25日致本杰明·克拉克的信,folder “Hamburg-I,”Stanley Plotkin private papers。

[557] 本杰明·克拉克1966年7月27日致斯坦利·普洛特金的信,folder “Hamburg-I;”single sheet titled “1st group:8—1 to 9—13,”folder “Hamburg-I,”Stanley Plotkin private papers。

[558] 斯坦利·普洛特金2016年2月24日写给作者的电子邮件。

[559] 本杰明·克拉克1968年5月29日致斯坦利·普洛特金的信,folder “Hamburg-I,”Stanley Plotkin private papers。

[560] Stanley A.Plotkin et al.,“A New Attenuated Rubella Virus,”468—77.

[561] James L.Bittle et al.,“Results of Testing Production Lots of Oral Poliovirus Vaccine,”Journal of Infectious Diseases 116,no.2(1966):215—20.

[562] Plotkin et al.,“New Attenuated Rubella Virus,”473.

[563] Werner Slenczka and Hans Dieter Klenk,“Forty Years of Marburg Virus,”Journal of Infectious Diseases 196,supp.2(2007):S133.

[564] 出处同上。

[565] 出处同上，S131。

[566] 出处同上。

[567] 出处同上。

[568] K.Todorovitch,M.Mocitch,and R.Klašnja,“Clinical Picture of Two Patients Infected by the Marburg Vervet Virus,”in Marburg Virus Disease,Gustav Adolf Martini and Rudolf Siegert,eds.(Berlin and Heidelberg:Springer-Verlag,1971),19.

[569] G.A.Martini,“Marburg Virus Disease:Clinical Syndrome,”in Martini and Siegert,Marburg Virus Disease,1.

[570] 出处同上，2。

[571] 出处同上。

[572] P.Gedigk,H.Bechtelsheimer,and G.Korb,“Pathologic Anatomy of Marburg Virus Disease,”in Martini and Siegert,Marburg Virus Disease,50.

[573] Richard Preston,The Hot Zone(New York:Anchor Books,1994),38.

[574] Slenczka and Klenk,“Forty Years of Marburg Virus,”S131—32;Lawrence Corey,“Marburg Virus Disease,”in chapter 207,“Rabies and Other Rhabdoviruses,”in Harrison’s Principles of Internal Medicine Tenth Edition(New York:McGraw-Hill,1983),1139.

[575] C.E.Gordon Smith et al.,“Fatal Human Disease from Vervet Monkeys,”Lancet 290,no.7526(1967):1119.

[576] Richard Lyons,“Diseases Carried by Pets Increase,”New York Times,October 26,1967,p.24;U.S.Department of Health,Education and Welfare Public Health Service,National Cancer Institute Monograph December 29,1968,Cell Cultures for Virus Vaccine Production,474;Leonard Hayflick,“Human Virus Vaccines:Why Monkey Cells?,”Science 176(1972):813.

[577] Preston,Hot Zone,40—42.

[578] Slenczka and Klenk,“Forty Years of Marburg Virus,”S134.

[579] Conference on Cell Cultures for Virus Vaccine Production,474.

[580] 出处同上，474—75。

[581] Jacob Bronowski,“The Disestablishment of Science,”Encounter,July 1971,15.

[582]五十年后，经过几次合并和收购，史克法公司成为今天的英国制药巨头葛兰素史克。

[583] “Wistar Institute Comparative Balance Sheets as of October 31,1967,”p.4,UPT 50 R252,box 68,file folder 12,Isidor Schwaner Ravdin Collection,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania.

[584] 斯坦利·普洛特金1966年12月5日致本杰明·克拉克的信，folder “Hamburg-I,”Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA。

[585] 厄尔·贝克（国家过敏与传染病研究所疫苗研发部科学家兼管理人员）1967年11月21日致斯坦利·普洛特金的信，folder “DBS,”Stanley Plotkin private papers。

[586] 丹尼尔·马拉利1967年致希拉里·科普罗夫斯基的信，folder “Vaccine Development Board,”Stanley Plotkin private papers。

[587] 罗伯特·J.费洛托（史克法公司微生物学研究部门主管）1967年12月1日致斯坦利·普洛特金的信，folder “SKF-Rubella,”Stanley Plotkin private papers。

[588] 普洛特金致克拉克的信。

[589] 本杰明·克拉克1966年11月13日致斯坦利·普洛特金的信,folder “Hamburg-I,”Stanley Plotkin private papers。

[590] 注册护士洛伊丝·科利（护士长）致克拉克博士（汉堡州立学校与医院负责人）的备忘录,“Dr.Plotkin's Letter of June 15,1967,Received Yesterday,”June 16,1967,folder “Rubella,”Stanley Plotkin private papers。

[591] 本杰明·克拉克1967年6月21日致斯坦利·普洛特金的信,folder “Hamburg-VI,”Stanley Plotkin private papers。

[592] 斯坦利·普洛特金1967年7月10日致洛伊丝·科利小姐的信,folder “Hamburg-VI,”Stanley Plotkin private papers。

[593] 伯纳德·弗兰克尔1968年致罗德里克·默里的信,folder “DBS,”Stanley Plotkin private papers。

[594] 斯坦利·普洛特金1968年1月10日致西奥多·英戈尔斯（马萨诸塞州弗雷明翰的流行病研究中心）的信,folder “DBS,”Stanley Plotkin private papers。

[595] 斯坦利·普洛特金1968年1月17日致罗伯特·德克特（德克特、普赖斯与罗兹律师事务所）的信,folder “DBS,”Stanley Plotkin private papers。

[596] Paul D.Parkman et al.,“Attenuated Rubella Virus I:Development and Laboratory Characterization,”New England Journal of Medicine 275,no.11(1966):569—74;Harry M.Meyer Jr.,Paul D.Parkman,and Theodore C.Panos,“Attenuated Rubella Virus II:Production of an Experimental Live-Virus Vaccine and Clinical Trial,”New England Journal of Medicine 275,no.11(1966):575—80.

[597] Harry M.Meyer Jr.et al.,“Clinical Studies with Experimental Live Rubella Virus Vaccine(Strain HPV-77):Evaluation of Vaccine-Induced Immunity,”American Journal of Diseases of Children 117(1968):648—54.

[598] “Drs.Meyer,Parkman Win Joint Recognition for Rubella Research,”NIH Record XIX,no.22(November 14,1967):3.

[599] George L.Stewart et al.,“Rubella-Virus Hemagglutination-Inhibition Test,”New England Journal of Medicine 276,no.10(1967):554—57;Sarah Leavitt,“Dr.Paul Parkman Interview,”June 7,2005,pp.26—28,Office of NIH History Oral History Program,National Institutes of Health.

[600] “Dr.Paul D.Parkman Named One of Ten Outstanding Young Men of the Year,”NIH Record XX,no.2(January 23,1968):1 and 7.

[601] 林登·约翰逊1966年5月5日致保罗·帕克曼的信,Name File P,file folder “Parkman,I—P,”box 56,White House Central File,LBJ Presidential Library,Austin,TX。

[602] Samuel J.Musser and Larry J.Hilsabeck,“Production of Rubella Virus Vaccine:Live,Attenuated,in Canine Renal Cell Cultures,”American Journal of Diseases of Children 118(1969):356—57,361.

[603] Paul Offit,Vaccinated:One Man’s Quest to Defeat the World's Deadliest Diseases(New York:HarperCollins,2007),76—78;Maurice Hilleman interview with Paul Offit,November 30,2004.音频文件由保罗·奥菲特提供。

[604] 希勒曼，与奥菲特的访谈。

[605] 出处同上。

[606] Maurice R.Hilleman et al.,“Live Attenuated Rubella Virus Vaccines:Experiences with Duck Embryo Cell Preparations,”American Journal of Diseases of Children 118,no.2(1969):166.

[607] Eugene Buynak et al.,“Live Attenuated Rubella Virus,Vaccines prepared in Duck Embryo Cell Culture,”Journal of the American Medical Association 204,no.3(1968):197(table 2).

[608] 希勒曼，2004年与奥菲特的访谈。

[609] Robert E.Weibel et al.,“Live Attenuated Rubella Virus Vaccines Prepared in Duck Embryo Cell Culture II:Clinical Tests in Families and in an Institution,”Journal of the American Medical Association 205,no.8(1969):558.

[610] 出处同上。

[611] 希勒曼，与奥菲特的访谈。

[612] 出处同上。

[613] John F.Morrison and William T.Keough,“Ex-Phila.Scientist Battles U.S.over Frozen Cells,”Philadelphia Evening Bulletin,April 4,1976.

[614] International Association of Microbiological Societies,Permanent Section of Microbiological Standardization,“Minutes of the Fifth Meeting of the Committee on Cell Cultures,”November 27,1968,21.

[615] J.P.Jacobs and F.T.Perkins,“Supplying Cell Cultures Regularly to Distant Laboratories,”Bulletin of the World Health Organization 40(1969):476—78.

[616] J.P.Jacobs,C.M.Jones,and J.P.Baille,“Characteristics of a Human Diploid Cell Designated MRC-5,”Nature 227(1970):168—70.

[617] Harold M.Schmeck Jr.,“Human Cells Given Role in Vaccines,”New York Times,November 12,1966,36.

[618]这种新的腺病毒疫苗取代了使用猴肾细胞制备的疫苗。1955至1961年间，大约10万名美军士兵服用了猴肾细胞制备的疫苗；后来，人们发现它被潜藏的SV40广泛污染，便弃用了它。

[619] Jane Brody,“Cell Bank Is Suggested for Every Person at Birth,”New York Times,April 3,1967,25.

[620] “Wistar Institute Comparative Balance Sheet as of 4/30/66,”fourth page:“Percentage Report as of 4/30/66—Grants,”account number 60188,UPT 50 R252,box 68,folder 13 “Wistar Institute 1966”,Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania;“Wistar Institute Comparative Balance Sheets as of 10/ 31/67,”fourth page:“Percentage Report as of 10/31/67—Grants,”account number 188,UPT 50 R252,box 68,folder 12(“Wistar Institute 1966—67”),Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania.

[621] 阿尔伯特·萨宾1967年8月4日致西德尼·拉费尔的

信,Correspondence,Individual(Graetz-Hayflick),series 1,box 11,folder "Hayflick,Leonard,1964—81,"Albert B.Sabin Collection,Henry R.Winkler Center for the History of the Health Professions,University of Cincinnati Libraries,Cincinnati,Ohio。

[622] 南希·普雷贝尔，2013年3月6日与作者的访谈。

[623] 威斯塔研究所董事会在1962年6月19日、1964年6月22日和1965年6月15日的会议纪要。这些会议纪要分别获取于威斯塔研究所一部会议纪要装订集的第193页、152页及213页。由宾夕法尼亚州费城威斯塔解剖学与生物学研究所提供。

[624] 威斯塔研究所董事会在1965年12月14日的会议纪要，获取于威斯塔研究所一部会议纪要装订集的第222页。由宾夕法尼亚州费城威斯塔解剖学与生物学研究所提供。

[625] "Wistar Institute Comparative Balance Sheets as of 10/31/67,"fourth page:"Percentage Report as of 10/31/67—Grants,"box 68,file folder 12("Wistar Institute 1966—67"),Isidor Schwaner Ravdin Papers,UPT 50 R252,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania,"Wistar Institute Comparative Balance Sheet as of 4/30/66,"fourth page,Isidor Schwaner Ravdin Papers,UPT 50 R252,box 68,file folder 13("Wistar Institute 1966");"Wistar Institute Comparative Balance Sheet as of 12/31/65,"fourth page,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania,Isidor Schwaner Ravdin Papers,UPT 50 R252,box 68,file folder 14("Wistar Institute 1966").

[626] 《事实记录》，7。

[627] "Minutes of the Wistar Institute Board of Managers Meeting,"December 16,1966,p.1,UPT 50 R252,box 68,folder 12("Wistar Institute 1966"),Isidor Schwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania.

[628] 出处同上，exhibit A；"Minutes of the Wistar Institute Board of Managers Meeting,"February 24,1967,p.2,UPT 50 R252,box 68,folder 12("Wistar Institute,1966—1967"),IsidorSchwaner Ravdin Papers,University Archives and Records Center,University of Pennsylvania。

[629] 《事实记录》，7。

[630] John D.Ross,"Memorandum on Diploid Contract Conference,Minutes of Meeting,"January 18,1968,《施赖弗报告》的附件B,p.1。

[631] 出处同上。

[632] 查尔斯·布恩1968年2月16日致科普罗夫斯基的信，《施赖弗报告》的附件C,2。

[633] 伦纳德·海弗利克，2013年3月3日与作者的访谈。

[634] Department of Health,Education,and Welfare,Public Health Service,National Institutes of Health,"Contract Number:PH43—62—157,"February 6,1962,Section 30:"Termination for the Convenience of the Government,"part(g),p.HEW-315-6.由伦纳德·海弗利克提供。

[635] “Chronicle Burroughs Wellcome Proposed Agreement,”folder “SKF Correspondence 1968,”Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA.

[636] 罗杰·C.埃格伯格（卫生和科学事务部助理部长）1970年8月13日致希拉里·科普罗夫斯基的信，Stanley Plotkin private papers。

[637] A.C.C.纽曼1968年10月16日致希拉里·科普罗夫斯基的信，file folder “Smith Kline French,”Stanley Plotkin private papers。

[638] 伦纳德·海弗利克，与作者的访谈。

[639] 《海弗利克对〈施赖弗报告〉的反驳》，19；约翰·香农1976年5月7日致利昂·雅各布斯的信，investigations 9,file folder 1,Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health。

[640] 《施赖弗报告》，4。

[641] 埃米尔·鲁的话引自Stanley A.Plotkin,“Sang Froid in a Time of Trouble:Is a Vaccine Against HIV Possible?”Journal of the International AIDS Society 12,no.2(2009),http:// www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2647531/ doi:10.1186/1758-2652-12-2。

[642] Maurice R.Hilleman et al.,“Live Attenuated Rubella Virus Vaccines:Experiences with Duck Embryo Cell Preparations,”American Journal of Diseases of Children 118(1969):171.

[643] Samuel J.Musser and Larry J.Hilsabeck,“Production of Rubella Virus Vaccine:Live,Attenuated,in Canine Renal Cell Cultures,”American Journal of Diseases of Children 118(1969):361.

[644] George R.Thompson et al.,“Intermittent Arthritis Following Rubella Vaccination,”American Journal of Diseases of Children 125(1973):526.

[645] Stanley A.Plotkin et al.,“An Attenuated Rubella Virus Strain Adapted to Primary Rabbit Kidney,”American Journal of Epidemiology 88(1968):97.

[646] “Rubella:Vaccines May Be Licensed by Fall,”Science News 95(March 1,1969):209.

[647] 斯坦利·普洛特金1968年4月4日致阿加佩嬷嬷的信，folder “St.Vincent's,”Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA。

[648] 斯坦利·普洛特金1968年4月5日致约翰·约瑟夫·克罗尔（费城大主教）的信，folder “St.Vincent's,”Stanley Plotkin private papers。

[649] 费城大主教1968年4月11日致斯坦利·普洛特金的信，Cardinal Krol papers,Philadelphia Archdiocesan Historical Research Center。

[650] S.A.Plotkin et al.,“Further Studies of an Attenuated Rubella Strain Grown in WI-38 Cells,”American Journal of Epidemiology 39,no.2(1969):236.

[651] 斯坦利·普洛特金，2015年6月1日与作者的访谈。

[652] Plotkin et al.,“Further Studies,”232.

[653] 出处同上，237。

[654] Stanley Plotkin,“Status of Negotiations with SKF,Merieux and Wellcome,”undated,file folder “SKF Correspondence 1968,”Plotkin private papers.This paper is physically placed among papers dated autumn 1968.

[655] 康斯坦特·于热朗1968年4月9日致罗伯特·费洛托的电报，folder “SKF Correspondence 1968,”Stanley Plotkin private papers。

[656] 阿兰·D.劳里1968年1月8日致埃德·克莱的备忘录，file folder “SKF-Rubella,”Stanley Plotkin private papers。

[657] Stanley A.Plotkin et al.,“A New Attenuated Rubella Virus Grown in Human Fibroblasts:Evidence for Reduced Nasopharyngeal Excretion,”American Journal of Epidemiology 86,no.2(1967):468—77.

[658] 罗伯特·费洛托1968年8月28日致斯坦利·普洛特金的信,folder “SKF Correspondence 1968,”Stanley Plotkin private papers。

[659] 罗伯特·费洛托1968年8月12日致希拉里·科普罗夫斯基的信，folder “SKF Correspondence 1968,”Stanley Plotkin private papers。

[660] R.Palmer Beasley et al.,“Prevention of Rubella During an Epidemic on Taiwan,”American Journal of Diseases of Children 118(1969):304.

[661] Harold M.Schmeck Jr.,“Test Finds Rubella Vaccine Effective,”New York Times,October 17,1968,1,27.

[662] “Tests on Vaccines to Prevent Rubella Highly Effective,”NIH Record 20,no.22(October 29,1968):1,8,https://nihrecord.nih.gov/PDF_Archive/1968%20PDFs/19681029.pdf(accessed February 8,2016).

[663] Beasley et al.,“Prevention of Rubella,”304.

[664] 罗德里克·默里和多兰·J.戴维斯1968年9月30日致斯坦利·普洛特金的信，folder “Washington,D.C.-1968,”Stanley Plotkin private papers。

[665] Plotkin et al.,“Attenuated Rubella Virus Strain,”97—102.

[666] Howard A.Rusk,“Rubella Vaccine Near:Likely to Be Available in 2 Months,After Production Guides Take Effect,”New York Times,April 13,1969.

[667] Stanley A.Plotkin et al.,“Attenuation of RA 27/3 Rubella Virus in WI-38 Human Diploid Cells,”American Journal of Diseases of Children 118(1969):184.

[668]就孕妇接种疫苗的风险，在接下来的20年里，直到1989年，疾病控制中心将完整追踪研究305名在怀孕前后3个月无意中接种了疫苗的女性。这些女性产下的婴儿都未感染风疹。今天，疾病控制与预防中心建议，对孕期不慎接种了风疹疫苗的女性，医生应该告知她们，胎儿的感染风险最高为2.6%。疾病控制与预防中心还补充道，另有研究显示，在孕期或孕前不久接种过疫苗的易感女性产下的约1000名婴儿中，无一患先天性风疹。

[669] Hilleman et al.,“Live Attenuated Rubella Virus Vaccines,”167.

[670] R.E.Weibel et al.,“Live Rubella Vaccines in Adults and Children,”American Journal of Diseases of Children 118,no.2(1969):226—29.

[671] 出处同上。

[672] Louis Z.Cooper et al.,“Transient Arthritis After Rubella Vaccination,”American Journal of Diseases of Children 118,no.2(1969):218—25.

[673] Weibel et al.,“Live Rubella Vaccines,”229.

[674] “Recommendation of the Public Health Service Advisory Committee on Immunization Practices:Prelicensing Statement on Rubella Virus Vaccine,”Morbidity and Mortality Weekly Report 18,no.15(1969):124—25.

[675] “Leads from the MMWR:Rubella Vaccination During Pregnancy—United States,1971—1988,”Journal of the American Medical Association 261,no.23(1989):3375.

[676] Centers for Disease Control and Prevention,“Control and Prevention of Rubella:Evaluation and Management of Suspected Outbreaks,Rubella in Pregnant Women,and Surveillance for Congenital Rubella Syndrome,”Morbidity and Mortality Weekly Report 50,no.RR—12(2001):16.

[677] 出处同上，33。

[678] J.E.Banatvala and D.W.G.Brown,“Seminar:Rubella,”Lancet 363(2004):1128.

[679] Plotkin et al.,“Attenuation of RA 27/3 Rubella Virus,”184.

[680] Roderick Murray,“Biologics Control of Virus Vaccines,”American Journal of Diseases of Children 118(1969):336.

[681] “Gamma Globulin Prophylaxis;Inactivated Rubella Virus;Production and Biologics Control of Live Attenuated Rubella Virus Vaccines:Discussion on Session V,”American Journal of Diseases of Children 118(1969):377.

[682] 出处同上，378。

[683] Roger Vaughan,Listen to the Music:The Life of Hilary Koprowski(New York:Springer-Verlag,2000),54.

[684] Edward Shorter,“The Health Century Oral History Collection,”Bernice Eddy interview,December 4,1986,p.25,transcript at the National Library of Medicine,NIH.

[685] “Gamma Globulin Prophylaxis,”378.

[686] 出处同上，379。

[687] 出处同上，379—80。

[688] Stanley A.Plotkin,ed.,History of Vaccine Development(New York:Springer Science + Business Media,2011),226.

[689] Robert Q.Marston,director,National Institutes of Health,“Additional Standards;Rubella Virus Vaccine,Live,”Federal Register 34,no.109(1969):9072—75.

[690] Louis Galambos with Jane Eliot Sewell,Networks of Innovation:Vaccine Development at Merck,Sharp & Dohme,and Mulford,1985—1995(Cambridge:Cambridge University Press,1995),112.

[691] Stanley A.Plotkin,“Rubella Vaccination,”Journal of the American Medical Association 215,no.9(1971):1492—93.

[692] Thompson et al.,“Intermittent Arthritis,”526.

[693] William Schaffner et al.,“Polyneuropathy Following Rubella Immunization:A Follow-up Study and Review of the Problem,”American Journal of Diseases of Children 127(1974):684—88.

[694] General Accounting Office,“Bid Protest-Negotiation-Specification Compliance Denial of Protest Against Rejection of Offer for Furnishing Live Rubella Vaccine to Veterans Administration on Basis That Vaccine Did Not Comply with the Requirementsof the Amended Specifications,”B-170817,September 25,1970,www.gao.gov/products/429478#mt＝e-report(accessed February 15,2016).

[695] Harold M.Schmeck Jr.,“One of 3 Rubella Vaccine Producers Barred from Bidding for US Contract,”New York Times,September 15,1970,13.

[696] 托马斯·诺顿1970年1月15日致希拉里·科普罗夫斯基的备忘录，folder “SKF-Rubella,”Stanley Plotkin private papers。

[697] 史克法公司1970年9月22日一次会议的备忘录，folder “SKF-Rubella,”Stanley Plotkin private papers。

[698] 斯坦利·普洛特金1970年10月2日致伦纳德·海弗利克的信，folder “Correspondence-H,”Stanley Plotkin private papers。

[699] Leonard Hayflick,“The Coming of Age of WI-38,”Advances in Cell Culture 3(1984):303.

[700] 罗伯特·鲁萨，2013年12月19日与作者的访谈。

[701] 伦纳德·海弗利克，2012年10月17日与作者的电话访谈。

[702] Roger Vaughan,Listen to the Music:The Life of Hilary Koprowski(New York:SpringerVerlag,2000),112.

[703] 斯坦利·普洛特金，2014年8月29日与作者的访谈。

[704] 斯坦利·普洛特金1968年7月9日致伦纳德·海弗利克的信，file folder “Correspondence-H,”Stanley Plotkin Rubella Papers。

[705] International Association of Microbiological Societies,Permanent Section

of Microbiological Standardization,“Minutes of the Fourth Meeting of the Committee on Cell Cultures,”September 16,1967,p.63.

[706] 《事实记录》，7。

[707] 《施赖弗报告》，8—9。

[708] 出处同上，9。

[709] 《海弗利克对〈施赖弗报告〉的反驳》，40—41。

[710] International Association of Microbiological Societies,Permanent Section of Microbiological Standardization,“Minutes of the Fifth Meeting of the Committee on Cell Cultures,”November 27,1968,p.20；《施赖弗报告》，8。

[711] 《施赖弗报告》，8。

[712] 《事实记录》，20。

[713] 出处同上。

[714] 斯坦利·普洛特金1969年12月8日致伦纳德·海弗利克的信，file folder “Correspondence-H,”Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA。

[715] 《事实记录》，32—33。

[716] 斯坦利·普洛特金1969年3月17日致伦纳德·海弗利克的信，file folder “Correspondence-H,”Stanley Plotkin private papers。

[717] 斯坦利·普洛特金1969年8月1日致伦纳德·海弗利克的信，file folder “Correspondence-H,”Stanley Plotkin private papers。

[718] 伦纳德·海弗利克1969年8月11日致斯坦利·普洛特金的信，file folder “Correspondence-H,”Stanley Plotkin private papers。

[719] 伦纳德·海弗利克博士的证词，Senate Subcommittee on Executive Reorganization and Government Research of the Committee on Government Operations,Consumer Safety Act of 1972:Hearings on Titles I and II of S.3419,92nd Cong.,2nd sess.,April 20 and 21 and May 3 and 4,1972,p.34。

[720] Debbie Bookchin and Jim Schumacher,The Virus and the Vaccine:Contaminated Vaccine,Deadly Cancers and Government Neglect(New York:St.Martin's,2004),127.

[721] Jane E.Brody,“Vaccine Produced in Human Cells,”New York Times,March 8,1972,18.

[722] Nicholas Wade,“Division of Biologics Standards:The Boat That Never Rocked,”Science 175(1972):1228.

[723] Abraham Ribicoff,“Exhibit 55:Vaccine Safety,”Senate Subcommittee on Executive Reorganization and Government Research,Consumer Safety Act of 1972:Hearings,512—32.

[724] Nicholas Wade,“DBS:Agency Contravenes Its Own Regulations,”Science 175(1972):34.

[725] Ribicoff,“Exhibit 55:Vaccine Safety,”527.

[726] 伦纳德·海弗利克博士的证词，29—38。

[727] Wade,“DBS:Agency Contravenes,”35.

[728] Consumer Safety Act of 1972:Hearings,36.

[729] P.斯特塞尔1972年4月26日致莱德利实验室R.A.舍勒霍恩、H.珀尔马特、J.罗斯、小G.J.塞拉、R.J.瓦兰古、P.J.瓦辛顿的备忘录，引自Bookchin and Schumacher,Virus and the Vaccine,127,306。

[730] Leonard Hayflick,“Human Virus Vaccines:Why Monkey Cells?”Science 176(1972):813—14.

[731] 斯坦利·普洛特金致参议员亚伯拉罕·里比科夫的信，Consumer Safety Act of 1972:Hearings,419—20。

[732] “Dr.Roderick Murray Named Special Assistant to the Director of NIAID,”NIH Record,June 7,1972,5.

[733] Bookchin and Schumacher,Virus and the Vaccine,127.

[734] S.Kops,“Oral Polio Vaccine and Human Cancer:A Reassessment of SV40 as a Contaminant,Based upon Legal Documents,”Anticancer Research 20(2000):4746.

[735] Bookchin and Schumacher,Virus and the Vaccine,124.

[736] David Oshinksy,“Polio,”in:Andrew W.Artenstein,ed.,Vaccines:A Biography(New York:Springer Science ＋ Business Media,2010),219.

[737] Nicoletta Previsani et al.,“World Health Organization Guidelines for Containment of Poliovirus Following Type-Specific Polio Eradication:Worldwide,2015,”Morbidity and Mortality Weekly Report 64,no.33(2015):913,www.cdc.gov/mmwr/preview/ mmwrhtml/mm6433a5.htm?s_cid＝mm6433a5_w(accessed February 18,2016).

[738] World Health Organization Media Centre:“Government of Nigeria Reports 2 Wild Polio Cases,First Since July 2014:New Cases Come on the Two-Year Anniversary Since the Last Confirmed Case of Polio Was Reported in Africa”(news release),August 11,2016,http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/nigeria-polio/en/(accessed September 8,2016);Leslie Roberts,“Nigeria Outbreak Forces Rethink of Polio Strategies,”Science Insider(online),September 6,2016,http://www.sciencemag.org/news/2016/09/nigeria-outbreak-forces-rethink-polio-strategies(accessed September 8,2016).

[739] Rebecca Sheir,“Ebola Researcher Says Vaccinology Isn't Rocket Science—It's Harder,”Metro Connection,WAMU Radio,October 23,2014.Transcript available here:http:// wamu.org/programs/metro_connection/14/10/23/ebola_researcher_says_vaccinology_isnt_rocket_science_its_harder_transcript(accessed

September 1,2016).

[740] “Dr.Dorothy Horstmann dies—key in development of polio vaccine,”Yale Bulletin & Calendar 29,no.16(2001),http://www.yale.edu/opa/arc-ybc/v29.n16/story18.xhtml;David M.Oshinsky,“Breaking the Back of Polio,”Yale Medicine 40,no.1(2005),http:// yalemedicine.yale.edu/autumn2005/features/feature/52012/;Daniel Wilson,unpublished interview with Dorothy Horstmann,1990,Dorothy M.Horstmann Papers(MS 1700),box 12,Folder 257,Manuscripts and Archives,Yale University Library.

[741] Jane E.Brody,“New Research on Rubella Challenges Effectiveness of Vaccination Program,”New York Times,September 29,1970,8.

[742] Dorothy M.Horstmann et al.,“Rubella:Reinfection of Vaccinated and Naturally Immune Persons Exposed in an Epidemic,”New England Journal of Medicine 283,no.15(1970):771—78.

[743] Scott B.Halstead et al.,“Susceptibility to Rubella Among Adolescents and Adults in Hawaii,”Journal of the American Medical Association 210(10):1881—83.

[744] Te-Wen Chang,Suzanne DesRosiers,and Louis Weinstein,“Clinical and Serological Studies of an Outbreak of Rubella in a Vaccinated Population,”New England Journal of Medicine 283,no.5(1970):246—48;J.M.Forrest,M.A.Menser,and M.C.Honeyman,“Clinical Rubella Eleven Months After Vaccination,”Lancet 300,no.7774(1972):399—400.

[745] Dorothy M.Horstmann et al.,“Rubella:Reinfection of Vaccinated and Naturally Immune Persons Exposed in an Epidemic,”New England Journal of Medicine 283,no.15(1970):771—78.

[746] 出处同上，775。

[747] Chang,DesRosiers,and Weinstein,“Clinical and Serological Studies of an Outbreak of Rubella in a Vaccinated Population,”New England Journal of Medicine 283,no.5(1970):246—48.

[748] Elias Abrutyn et al.,“Rubella Vaccine Comparative Study:Nine-Month Follow-Up and Serologic Response to Natural Challenge,”American Journal of Diseases of Children 120(1970):129—33;William J.Davis et al.,“A Study of Rubella Immunity and Resistance to Infection,”Journal of the American Medical Association 215,no.4(1971):600—608;Jeanette Wilkins et al.,“Reinfection with Rubella Virus Despite Live Vaccine-Induced Immunity,”American Journal of Diseases of Children 118:(1969):275—94;Harvey Liebhaber et al.,“Vaccination with RA27/3 Rubella Vaccine:Persistence of Immunity and Resistance to Challenge After Two Years,”American Journal of Diseases of Children 123(1972):134.

[749] Horstmann et al.,“Rubella:Reinfection,”777.

[750] 多萝西·霍斯特曼1970年1月30日致斯坦利·普洛特金的信。

[751] 斯坦利·普洛特金1970年11月30日和1971年4月16日致多萝西·霍斯特曼的信，folder “Horstmann,”Stanley Plotkin private papers。

[752] 多萝西·霍斯特曼1970年3月12日致斯坦利·普洛特金的信，file folder “Horstmann,”Stanley Plotkin private papers。

[753] Ann Schluederberg et al.,“Neutralizing and Hemagglutination-Inhibiting Antibodies to Rubella Virus as Indicators of Protective Immunity in Vaccinees and Naturally Immune Individuals,”Journal of Infectious Diseases 138,no.6(1978):877—83.

[754] Liebhaber et al.,“Vaccination with RA 27/3,”133—36.

[755] Chang,DesRosiers,and Weinstein,“Clinical and Serological Studies,”247;Wilkinset al.,“Reinfection with Rubella Virus,”291;Horstmann et al.,“Rubella:Reinfection,”775;Stanley A.Plotkin,John D.Farquhar,and Ogra L.Pearay,“Immunologic Properties of RA27/3 Rubella Virus Vaccine:A Comparison with Strains Presently Licensed in the United States,”Journal of the American Medical Association 225,no.6(1973):588.

[756] Liebhaber et al.,“Vaccination with RA 27/3,”134—35.

[757] 出处同上，136。

[758] 莫里斯·希勒曼，2004年11月30日接受保罗·奥菲特的采访。音频文件由保罗·奥菲特提供。

[759] Plotkin,Farquhar,and Pearay,“Immunologic Properties of RA 27/3,”585 and 589.

[760] 斯坦利·普洛特金1973年10月3日致伦纳德·海弗利克的信，file folder “Correspondence-H,”Stanley Plotkin private papers。

[761] 希勒曼，接受保罗·奥菲特的采访。

[762] Robert E.Weibel et al.,“Clinical and Laboratory Studies of Live Attenuated RA 27/3 and HPV 77-DE Rubella Virus Vaccines,”Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine 165,no.1(1980):44—49.

[763] 出处同上，44。

[764] Schluederberg et al.,“Neutralizing and Hemagglutination-Inhibiting Antibodies,”877—83.

[765] Pamela Eisele(Merck spokesperson),e-mail to the author,August 31,2015.

[766] 伦纳德·海弗利克，2012年10月3日与作者的访谈。

[767] Forrest Stevenson Jr.,“Women,the Bible and Abortion”(Brighton,MI:Forrest Stevenson,1972).由伦纳德·海弗利克提供。

[768] State of Michigan,Department of State,“Initiatives and Referendums Under the Constitution of the State of Michigan,1963,”December 5,2008,14.

[769] 詹姆斯·西恩纳1972年11月30日致福里斯特·史蒂文森的信。由伦纳德·海弗利克提供。

[770] 亚瑟·F.巴基1972年12月7日致詹姆斯·西恩纳的信。由伦纳德·海弗利克提供。

[771] 福里斯特·史蒂文森致海弗利克博士的信，见“Letters to the Editor,”Gazette Times(Heppner,OR),July 4,1974。

[772]位于伦敦的医学研究委员会仍然拥有一部分原代WI—38细胞安瓿，其中的细胞只分裂过八九次。1962年秋，海弗利克给了医学研究委员会100支安瓿，后来又不时给他们寄去更多细胞。

[773] 伦纳德·海弗利克1973年致《生命线》（帕塞伊克县生命权组织内部通讯）的信。由伦纳德·海弗利克提供。

[774] United Press International,“Human Cells to Be Orbited in Outer Space,”Los Angeles Times,May 2,1973.

[775] 詹姆斯·安布罗斯1973年5月2日致约瑟夫·T.麦吉肯的信。由伦纳德·海弗利克提供。

[776] 伦纳德·海弗利克，2012年10月17日与作者的电话访谈。

[777] P.O.Montgomery et al.,“The Response of Single Human Cells to Zero Gravity,”in Richard S.Johnston and Lawrence F.Dietlein,Biomedical Results from Skylab,NASA SP-377(Washington,DC:Scientific and Technical Information Office,National Aeronautical and Space Administration,1977),221—33.

[778] 雷蒙德·萨默维尔太太1973年6月14日致伦纳德·海弗利克的信。

[779] 伦纳德·海弗利克，2012年10月16日与作者的电话访谈。

[780] 《海弗利克对〈施赖弗报告〉的反驳》，34。

[781] Department of Health,Education,and Welfare,Public Health Service,National Institutes of Health,“Contract Number:PH43-62-157,”February 6,1962,Section 30:“Termination for the Convenience of the Government,”part(g),p.HEW-315-6.由伦纳德·海弗利克提供。

[782] 《施赖弗报告》，附件B。

[783] 《施赖弗报告》，9。

[784] 伦纳德·海弗利克，2012年10月11日与作者的电话访谈。

[785] 《施赖弗报告》，9；John E.Shannon and Marvin L.Macy,eds.,The American Type Culture Collection Registry of Animal Cell Lines,2nd ed.(Rockville,MD:American Type Culture Collection,1972),17;Robert Hay et al.,eds.,The American Type Culture Collection:Catalogue of Strains II,2nd ed.(Rockville,MD:American Type Culture Collection,1979),viii。

[786] 《施赖弗报告》，10。

[787] Louis Rosenfeld,“Insulin:Discovery and Controversy,”Clinical Chemistry 48,no.12(2002):2280.

[788] Jonas Salk,interview with Edward R.Murrow on See It Now,CBS,April 12,1955.引自 Elizabeth Popp Berman,Creating the Market University:How Academic Science Became an Economic Engine(Princeton,NJ:Princeton University Press,2012),5；以及引自Jane S.Smith,Patenting the Sun:Polio and the Salk Vaccine(New York:Morrow,1990),13。

[789] Frederick J.Hammett,“Uncommitted Researchers,”Science 117(1953):64.

[790] 伦纳德·海弗利克，2012年10月17日与作者的电话访谈。

[791] 《施赖弗报告》，9。

[792] 出处同上，11；《施赖弗对海弗利克反驳声明的反驳》，106。

[793] 《施赖弗报告》，附件A。

[794] 出处同上，12。

[795] 出处同上，6—7。

[796] 出处同上；《施赖弗对海弗利克反驳声明的反驳》，58—59。

[797] 《施赖弗报告》，12；《施赖弗对海弗利克反驳声明的反驳》，106。

[798] 《事实记录》，38—39。

[799] 出处同上，38。

[800] 伦纳德·海弗利克，2013年3月4日与作者的访谈。

[801] 《施赖弗报告》，12。

[802] 《海弗利克对〈施赖弗报告〉的反驳》，14。

[803] Stanley N.Cohen et al.,“Construction of Biologically Functional Bacterial Plasmids in Vitro,”Proceedings of the National Academy of Sciences 70,no.11(1973):3240—44.

[804] Niels Reimers,“Stanford's Office of Technology Licensing and the Cohen/Boyer Cloning Patents,”oral history conducted in 1997 by Sally Smith Hughes,p.3,Regional Oral History Office,Bancroft Library,University of California at Berkeley,1998.

[805] Sally Smith Hughes,“Making Dollars Out of DNA:The First Major Patent in Biotechnology and the Commercialization of Molecular Biology,1974—1980,”Isis 92(2001):549;Berman,Creating the Market University,64.

[806] Rajendra K.Bera,“Commentary:The Story of the Cohen-Boyer Patents,”Current Science 96,no.6(2009):760.

[807] Herbert W.Boyer,“Recombinant DNA Research at UCSF and Commercial Application at Genentech,”oral history conducted in 1994 by Sally Smith Hughes,p.98,Regional Oral History Office,Bancroft Library,University of California at

Berkeley,www.oac.cdlib.org/view?docId=kt5d5nb0zs&brand=oac4&doc.view=entire_text(accessed February 26,2016).同样引自Berman,Creating the Market University,66。

[808] Stephen S.Hall,Merchants of Immortality:Chasing the Dream of Human Life Extension(Boston,New York:Houghton Mifflin Company,2003),37.

[809] 罗纳德·拉蒙-哈弗斯1974年10月10日致伦纳德·海弗利克的信。由伦纳德·海弗利克提供。

[810] 《海弗利克对〈施赖弗报告〉的反驳》，3—4；Leonard Hayflick,“Hayflick's Reply,”Science 202(1978):129。

[811] 《施赖弗对海弗利克反驳声明的反驳》，4—6。

[812] 出处同上，6—7；《施赖弗报告》，1；《事实记录》，21。

[813] 唐纳德·墨菲1975年1月31日致伦纳德·海弗利克的信。由伦纳德·海弗利克提供。

[814] 《事实记录》，21。

[815] 《施赖弗对海弗利克反驳声明的反驳》，6—7。

[816] 伦纳德·海弗利克，2012年10月16日与作者的电话访谈。

[817] 《施赖弗对海弗利克反驳声明的反驳》，6。

[818] “James Schriver Named Head of Newly Created OAM Audit Branch,”NIH Record 25,no.3(February 12,1963):5;“James Schriver Retires After 17 Years at NIH,”NIH Record 32,no.7(April 1,1980):4.

[819] “James Schriver Named Head,”5.

[820] Nicholas Wade,“Division of Biologics Standards:Scientific Management Questioned,”Science 175(1972):966.

[821] Philip M.Boffey,“The Fall and Rise of Leonard Hayflick,Biologist Whose Fight with US Seems Over,”New York Times,January 19,1982.

[822] 理查德·杜加斯，2013年4月27日与作者的电话访谈。

[823] 尼古拉斯·韦德，2013年4月30日与作者的电话访谈。

[824] 南希·普雷贝尔的所有个人回忆都来自作者与她在2013年3月6日和7日的访谈。

[825] 理查德·杜加斯，2015年7月25日与作者的电话访谈。

[826] 《事实记录》，25,28—29；《施赖弗报告》，5。

[827] 南希·普雷贝尔，2013年3月6日与作者的访谈。

[828] Wistar Institute of Anatomy and Biology and Connaught

Laboratories,License Agreement,January 1,1973,folder “Connaught Correspondence,”Stanley Plotkin private papers,Doylestown,PA.

[829] 《施赖弗报告》，7。

[830] 出处同上。

[831] 《事实记录》，26—27。

[832] 出处同上，26。

[833] 出处同上，27。

[834] 出处同上，28。

[835] 伦纳德·海弗利克，2012年10月16日与作者的电话访谈。

[836] 《事实记录》，38。

[837] Senate Subcommittee on Executive Reorganization and Government Research of the Committee on Government Operations,Consumer Safety Act of 1972:Hearings on Titles I and II of S.3419,92nd Cong.,2nd sess.,April 20 and 21 and May 3 and 4,1972,p.35.

[838] 《事实记录》，38—39。

[839] 出处同上。

[840] 利昂·雅各布斯的存档备忘录，“Re:Telephone Conversation with Mr.Don Brooks(Attorney),Merck and Company,”March 31,1976,investigations 9,file folder 1,Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health。

[841] M.F.Miller(Merck) “Memo for File:WI-38 Human Diploid Cells,”July 11,1974.由伦纳德·海弗利克提供。

[842] 《赖斯伯格备忘录》，3。

[843] 出处同上。

[844] 理查德·索恩伯勒1975年8月6日致理查德·J.赖斯伯格的信，investigations 9,file folder 1,Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health。

[845] 《事实记录》，33。

[846] 唐纳德·墨菲的存档备忘录，“PHS Working Group on WI-38,”July 21 and 25,1975,investigations 9,folder 1,Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health。

[847] 詹姆斯·香农1975年10月9日致R.唐维克的备忘录，“Reference:Inventory of WI-38 Cells Delivered by NIH”。由弗吉尼亚州马纳萨斯市美国典型培养物保藏中心的弗兰克·西苗内提供。

[848] Nicholas Wade,“Hayflick's Tragedy:The Rise and Fall of a Human Cell

Line,”Science 192,no.4235(1976):125.

[849] Harold M.Schmeck Jr.,“Investigator Says Scientist Sold Cell Specimens Owned by U.S.,”New York Times,March 28,1976,1,26.

[850] 《施赖弗报告》，1—14 及附件A至C。

[851] 《事实记录》，51。

[852] 《海弗利克对〈施赖弗报告〉的反驳》，41,45。

[853] 出处同上，53；Nicholas Wade,“Vaccine Cells Found Mostly Contaminated,”Science 194,no.4260(1976):41。

[854] Wade,“Vaccine Cells Found Mostly Contaminated,”41.

[855] Leonard Hayflick,“Hayflick's Reply,”Science 202(1978):131.

[856] Leonard Hayflick,“Press Statement,”Plotkin Rubella Papers,folder “Correspondence-H,”Stanley Plotkin private papers.

[857] Wade,“Hayflick's Tragedy,”125—27.

[858] 尼古拉斯·韦德，2013年4月30日与作者的电话访谈。

[859] Schmeck,“Investigator Says Scientist Sold,”26.

[860] 《施赖弗报告》，4；《事实记录》，13。

[861] 《事实记录》，34。

[862] Wade,“Hayflick's Tragedy,”127.

[863] Pan Demetrakakes,“Prof in Alleged Fund Misuse,”Stanford Daily 169,no.22(March 3,1976).

[864] 《事实记录》，43。

[865] 出处同上。

[866] Clayton Rich,“Dean Rich Speaks on Hayflick Case,”Stanford University Campus Report 8,no.40(July 21,1976),investigations 9,file folder 1,Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health.

[867] 威廉·芬威克，2012年10月6日与作者的访谈。

[868] Zhores A.Medvedev,“Letter:Hayflick's Tragedy,”Science 192(1976):1182—84.

[869] 希勒曼的话引自：Stephen S.Hall,Merchants of Immortality:Chasing the Dream of Human Life Extension(Boston,New York:Houghton Mifflin Company,2003),39。

[870] 阿尔伯特·萨宾1981年12月1日致伯纳德·施特雷勒的信，1981,box 11,file

folder “Correspondence,Individual,Hayflick,Leonard,1964—81,”Correspondence-Individual(Graetz-Hayflick) series 1,Albert B.Sabin Collection,Henry R.Winkler Center for the History of the Health Professions,University of Cincinnati Libraries。

[871] 芬威克，与作者的访谈。

[872] Cell Associates,Inc.and Leonard Hayflick v.National Institute ［sic］ of Health;Department of Health,Education and Welfare;and Donald Fredrickson,Director of National Institute ［sic］ of Health(U.S.District Court for the Northern District of California,C76601 RHS),March 25,1976,p.7,investigations 9,file folder 4,Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health.

[873] 赫伯特·J.克赖特曼1976年9月30日致伦纳德·海弗利克的信，investigations 9,folder 2,Directors' Files,Office of the Director,NIH;理查德·J.赖斯伯格致弗雷德里克森博士与施赖弗先生的备忘录,“Subject:Cell Associates,Inc.v.NIH,”November 2,1978,investigations 9,folder 3,Directors' Files,Office of the Director,NIH;Nicholas Wade,“Despite the Length of Hayflick's Letter,”Science 202(1978):136。

[874] 伦纳德·海弗利克，2013年3月3日与作者的访谈。

[875] 斯坦利·普洛特金1976年5月27日致伦纳德·海弗利克的信，file folder “Correspondence-H,”Stanley Plotkin private papers。

[876] 《海弗利克对〈施赖弗报告〉的反驳》，1—65。

[877] 《施赖弗对海弗利克反驳声明的反驳》，1—121。

[878] Wade,“Vaccine Cells Found Mostly Contaminated,”41.

[879] 《施赖弗报告》，1。

[880] Cell Associates v.National Institute ［sic］ of Health,7.

[881] “Human Cancer Cell Reconstruction and Transformation,”1 R01 CA18456-01,from 01/01/76 through 12/31/80,investigations 9,file folder 1,Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health；唐纳德·墨菲1976年7月30日致伦纳德·海弗利克的信， Office of the Director,NIH,Directors' Files,investigations 9,folder 3。

[882] 彼得·利巴西，1978年4月23日致托马斯·D.莫里斯和唐纳德·弗雷德里克森的信，p.2,Office of the Director,NIH,Directors' Files,investigations 9,folder 2。

[883] Richard J.Riseberg,“Chronology,”4,attachment to Riseberg letter to Donald Fredrickson,January 6,1978,Office of the Director,NIH,Directors' Files,investigations 9,folder 2.

[884] 伦纳德·海弗利克1978年11月8日致唐纳德·弗雷德里克森的信。由伦纳德·海弗利克提供。

[885] 理查德·J.赖斯伯格致罗伯特·巴特勒的备忘录，“Subject:Application for Research Grant—Dr.Hayflick,”1—2,August 24,1977,Office of the Director,NIH,Directors' Files,investigations 9,folder 2。全句内容是：“因此，我的观点是，没有可靠的法律依据可以剥夺海弗利克博士担任国家卫生研究院任何资助项目主

要研究人员的资格。”

[886] 贝蒂·H.皮克特，1977年7月27日致唐纳德·墨菲的备忘录。由伦纳德·海弗利克提供。

[887] 出处同上；Office of the Director,NIH,Directors' Files,investigations 9,folder 2。

[888] Leon Jacobs,“Memorandum,Subject:Hayflick,”December 8,1977,Office of the Director,NIH,Directors' Files,investigations 9,folder 3.

[889] 托马斯·D.莫里斯（监察长）写在海弗利克文档中的备忘录，“Subject:Meeting of January 9,1978,”Office of the Director,NIH,Directors' Files,investigations 9,folder 2。

[890] 托马斯·D.莫里斯1978年4月11日写在海弗利克文档中的备忘录。由伦纳德·海弗利克提供。

[891] 玛丽·迈尔斯1981年写给马龙博士的便条，investigations 9,folder 2,Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health。

[892] 理查德·J.赖斯伯格致国家卫生研究院院长特别助理的备忘录，“Proposed Basis of Settlement in the Cell Associates Case,”November 9,1979,investigations 9,folder 2,Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health。

[893] Marcel Baltazard and Mehdi Ghodssi,“Prevention of Human Rabies:Treatment of Persons Bitten by Rabid Wolves in Iran,”Bulletin of the World Health Organization 10,no.5(1954):798.

[894] Mahmoud Bahmanyar et al.,“Successful Protection of Humans Exposed to Rabies Infection:Postexposure Treatment with the New Human Diploid Cell Rabies Vaccine and Antirabies Serum,”Journal of the American Medical Association 236,no.24(1976):2751—54.

[895] T.J.Wiktor,S.A.Plotkin,and H.Koprowski,“Development and Clinical Trials of the New Human Rabies Vaccine of Tissue Culture(Human Diploid Cell) Origin,”Developments in Biological Standardization 40(1978):3—9.

[896] T.J.Wiktor et al.,“Immunogenicity of Concentrated and Purified Rabies Vaccine of Tissue Culture Origin,”Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 131(1969):799—805.

[897] H.Koprowski,“In Vitro Production of Antirabies Virus Vaccine,”in International Symposium on Rabies,Talloires 1965,Symposium Series on Immunobiological Standards,vol.1(Basel and New York:Karger,1966),363—64.

[898] Centers for Disease Control,Morbidity and Mortality Weekly Report 34,nos.2,5,and 7(1985),reprinted in Journal of the American Medical Association(March 15,1985):1540.

[899] 出处同上；Wiktor,Plotkin,and Koprowski,“Development and Clinical Trials,”4。

[900] Mario V.Fernandes,Hilary Koprowski,and Tadeusz J.Wiktor,“Method of Producing Rabies Vaccine,”U.S.Patent 3,397,267,filed September 21,1964,and issued August 13,1968,www.google.com/patents/US3397267.

[901] Wiktor,Plotkin,and Koprowski,“Development and Clinical Trials,”5;Tadeusz J.Wiktor,Stanley A.Plotkin,and Doris W.Grella,“Human Cell Culture Rabies Vaccine:Antibody Response in Man,”Journal of the American Medical Association 224,no.8(1973):1170—71.

[902]与麻疹不同，腮腺炎致命的可能性极低，但是对于部分儿童，它会造成永久性失聪或脑炎。对于青春期后的男孩和成年的男性，腮腺炎会引发令人难以忍受的睾丸炎，也罕见永久性不育。

[903] Wiktor,Plotkin,and Grella,“Human Cell Culture Rabies Vaccine,”1170—71.

[904] Wiktor,Plotkin,and Koprowski,“Development and Clinical Trials,”5,7.

[905] Bahmanyar et al.,“Successful Protection of Humans,”2754.

[906] 出处同上。

[907] 出处同上。

[908] Centers for Disease Control,“Recommendation of the Immunization Practices Advisory Committee(ACIP):Rabies Prevention,”Morbidity and Mortality Weekly Report 29,no.3(1980):266.

[909] Centers for Disease Control,“Rabies Postexposure Prophylaxis with Human Diploid Cell Rabies Vaccine:Lower Neutralizing Antibody Titers with Wyeth Vaccine,”Morbidity and Mortality Weekly Report 34,no.7(1985):90—92.

[910] 出处同上，90—91。

[911] United Press International,“Wyeth Laboratories Tuesday Recalled Its Wyvac Rabies Vaccine,”February 19,1985,http://www.upi.com/Archives/1985/02/19/Wyeth-Labora tories-Tuesday-recalled-its-Wyvac-rabies-vaccine-effective/5202477637200/.

[912] Jeffrey P.Koplan and Stephen R.Preblud,“A Benefit-Cost Analysis of Mumps Vaccine,”American Journal of Diseases of Children 136(1982):362;Kenneth B.Robbins,A.David Brandling-Bennett,and Alan R.Hinman,“Low Measles Incidence:Association with Enforcement of School Immunization Laws,”American Journal of Public Health 71,no.3(1981):270.

[913] Michiaki Takahashi et al.,“Live Vaccine Used to Prevent the Spread of Varicella in Children in Hospital,”Lancet 2,no.7892(1974):1288—90.

[914] Michiaki Takahashi et al.,“Development of Varicella Vaccine,”Journal of Infectious Diseases 197(2008):S41—44.另见 Robert E.Weibel et al.,“Live Attenuated Varicella Virus:Efficacy Trial in Healthy Children,”New England Journal of Medicine 310,no.22(1984):1409。

[915] Beverly J.Neff et al.,“Clinical and Laboratory Studies of KMcC Strain Live Attenuated Varicella Virus,”Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine 166,no.3(1981):339—47.

[916] 阿兰·肖，2014年3月16日与作者的访谈；Louis Galambos with Jane Eliot Sewell,Networks of Innovation:Vaccine Development at Merck,Sharp & Dohme,and Mulford,1985—1995(Cambridge:Cambridge University Press,1995),231—32。

[917] Neff et al.,“Clinical and Laboratory Studies,”344.

[918] Nicholas Wade,“Hayflick's Tragedy:The Rise and Fall of a Human Cell Line,”Science 194,no.4235(1976):125.

[919] 菲利普·普罗沃斯特，2012年12月18日与作者的访谈。

[920] Weibel et al.,“Live Attenuated Varicella Virus,”1409.

[921] Wade,“Hayflick's Tragedy,”127.

[922] E.L.Buescher,“Respiratory Disease and the Adenoviruses,”Medical Clinics of North America 51(1967):773—74.

[923] Centers for Disease Control,Morbidity and Mortality Weekly Report:Recommendations and Reports 39,no.RR-15(1990):1—18.

[924] “1 Mil.Merck-Hayflick Contract for WI-38 Cells Revealed by NIH:Researcher Denies Wrongdoing,Sues Govt.for Defaming Character,”Blue Sheet:Drug Research Reports 19,no.13(March 31,1976):3,investigations 9(Human Diploid Cells Under Gvt.Ownership),file folder 1(Jan—August 1976),Historical Files,Office of the Director,National Institutes of Health.

[925] U.S.Food and Drug Administration,“WI-38 Cells Pre-tested for Vaccine Manufacture(ATCC 7/19/96),”response to Freedom of Information Act Request from Leonard Hayflick,August 26,1996.由伦纳德·海弗利克提供。

[926] John E.Shannon and Marvin Macy,eds.,The American Type Culture Collection Registry of Animal Cell Lines,2nd ed.(Rockville,MD:American Type Culture Collection,1972),17.

[927] William Rutter,“The Department of Biochemistry and the Molecular Approach to Biomedicine at the University of California,San Francisco,”oral history conducted in 1992 by Sally Smith Hughes,p.58,Regional Oral History Office,Bancroft Library,University of California at Berkeley,1998.

[928]1983年，罗纳德·里根总统颁布行政命令使《贝赫-多尔法案》也覆盖了大企业。行政命令可以被后来的任何一位总统取消，所以并不像由国会通过、由总统签署生效的法案那样不可改变。1986年，新法律《联邦技术转移法》让与政府运营的实验室签订了特殊合同的大企业能够获得专利权。

[929] 伦纳德·海弗利克，2013年3月5日与作者的访谈。

[930] Ronald E.Cape,oral history conducted in 2003 by Sally Smith Hughes,Regional Oral History Office,Bancroft Library,University of California at

Berkeley,http://digitalassets.lib.berkeley.edu/roho/ucb/text/cape_ron.pdf.

[931] Robert Beyers,“Free Inquiry Must Be Rule in Research,”Campus Report 13,no.7(1980):1,18.Found in Sally Smith Hughes,“Making Dollars Out of DNA:The First Major Patent in Biotechnology and the Commercialization of Molecular Biology,1974—1980,”Isis 92(2001):p.573.

[932] Brook Byers,“Brook Byers:Biotechnology Venture Capitalist,1970—2006,”oral history conducted by Thomas D.Kiley,2002—5,Regional Oral History Office,Bancroft Library,University of California,p.19,http://digitalassets.lib.berkeley.edu/roho/ucb/text/byers_ brook.pdf.

[933] Wendy H.Schacht,“The Bayh-Dole Act:Selected Issues in Patent Policy and the Commercialization of Technology,”Congressional Research Service,December 3,2012,p.2,https://www.fas.org/sgp/crs/misc/RL32076.pdf.

[934] Elizabeth Popp Berman,Creating the Market University:How Academic Science Became an Economic Engine(Princeton,NJ:Princeton University Press,2012),106.

[935]通常，独家授权才能吸引商业投资人。但是，科恩和博耶的专利应用范围很广，并且这些专利支持的技术十分重要，需求很大，所以斯坦福大学的专利大师尼尔斯·赖默斯——他代表斯坦福大学和加利福尼亚大学成功申请了专利——拒绝了基因泰克公司获得独家授权的要求。

[936] 出处同上，105。对历史细节感兴趣的读者可以阅读伊丽莎白·波普·博曼的杰作《创建市场大学》。

[937] 出处同上，107—8。

[938] Patent and Trademark Law Amendments Act,Public Law 96-517,U.S.Statutes at Large 94(1980):3015.

[939] Berman,Creating the Market University,108.

[940] Diamond v.Chakrabarty,447 U.S.303(1980),https://supreme.justia.com/cases/federal/ us/447/303/case.xhtml.

[941] 出处同上，309。

[942] 2015年的数据由华盛顿特区的生物技术创新组织提供。

[943] 想详细了解这些多种影响因素的读者，应该阅读伊丽莎白·波普·博曼在《创建市场大学》第69至79页的叙述。

[944] Berman,Creating the Market University,83.

[945] Hughes,“Making Dollars Out of DNA,”569.

[946] Maryann Feldman,Alessandra Colaianni,and Kang Liu,“Commercializing Cohen-Boyer,1980—1997,”Druid(Toronto:University of Toronto Rotman School of Management,2005),1.

[947] 弗洛伊德·格罗勒（曾经负责科恩和博耶那几项专利的授权官员）2006年8月29日致萨莉·史密斯·休斯的私人信息，引自Hughes,“Making Dollars Out of DNA,”570。

[948] 迈克尔·克里尔（哥伦比亚大学科学技术投资办公室前执行理事）致理查德·R.纳尔逊（哥伦比亚大学国际政治经济亨利·R.卢斯教授）和巴文·桑帕特（哥伦比亚大学梅尔曼公共卫生学院卫生政策与管理副教授）的私人信息，引自Alessandra Colaianni and Robert Cook-Deegan,“Columbia University's Axel Patents:Technology Transfer and Implications for the Bayh-Dole Act,”Milibank Quarterly 87,no.3(2009):700,711。

[949] National Science Board,Science and Engineering Indicators:1993(Washington,DC:National Science Foundation,1993),430;Association of University Technology Managers,FY 2014 US Licensing Activity Survey(Oakbrook Terrace,IL:Association of University Technology Managers,2014),23.

[950] National Science Board,Science and Engineering Indicators:2014(Arlington,VA:National Science Foundation 2014):5—54.

[951] David Blumenthal et al.,“University-Industry Research Relationships in Biotechnology:Implications for the University,”Science 232,no.4756(1986):1364.

[952] 文森特·特尔勒普1980年2月22日致托马斯·马龙的信，Directors' Files,NIH,Office of the Director,investigations 9,folder 2。

[953] 理查德·J.赖斯伯格1989年7月24日写给劳布的便条，investigations 9(Human Diploid Cells Under Gvt.Ownership),file folder 2(September 1976—July 1989),Historical Files,Office of the Director,National Institutes of Health。这张便条的部分内容是：“（海弗利克）并不知道，政府选择和解的主要考量与功过无关，只与吉姆·施赖弗的退休，以及返聘他的费用太高有关。”赖斯伯格在便条中与当时国家卫生研究院的执行院长威廉·劳布讨论这件事，是因为海弗利克将他新写成的一篇论文寄给了劳布，让劳布很恼火。海弗利克在这篇论文中单方面叙述了他与国家卫生研究院的冲突，描述了部分生物学家是如何从过去十年的法律和政策变化中获利的。这篇论文是《将窃得的人细胞转为可接受联邦政策的新方法》。

[954] Leonard Hayflick,Edmond C.Gregorian,Michael Hughes,and Vincent B.Terlep,“Settlement Agreement,”September 15,1981,1—8,investigations 9,folder 1,Directors' Files,Office of the Director,National Institutes of Health.

[955] 出处同上，2。

[956] Bernard L.Strehler et al.,“Hayflick-NIH Settlement,”Science 215(1982):240,242.

[957] Leonard Hayflick,“Hayflick's Reply,”Science 202(1978):128—36.

[958] Leonard Hayflick and Paul S.Moorhead,“The Serial Cultivation of Human Diploid Cell Strains,”Experimental Cell Research 25,no.3(1961):585—621.

[959] Leonard Hayflick,“The Limited in Vitro Lifetime of Human Diploid Cell Strains,”Experimental Cell Research 37(1965):634.

[960]赖特会继续提出，正常细胞停止分裂是为了阻止肿瘤的形成。肿瘤细胞要经过许多突变才会恶化，而正常细胞如果停止分裂，就不会积累这些突变。

[961] P.L.Krohn,“Aging,”Science 152(1966):392.

[962] 出处同上；Sir Macfarlane Burnet,Intrinsic Mutagenesis:A Genetic Approach to Ageing(Lancaster,UK:Medical and Technical,1974):62;L.M.Franks,“Cellular Aspects of Aging,”Experimental Gerontology 5(1970):281—89;R.L.Walford,The Immunologic Theory of Aging(Copenhagen:Munksgaard,1969)。

[963] Burnet,Intrinsic Mutagenesis,62.

[964] Hayflick,“The Limited in Vitro Lifetime,”625.

[965] 出处同上。

[966] G.M.Martin,C.A.Sprague,and C.J.Epstein,“Replicative Life-span of Cultivated Human Cells:Effects of Donor's Age,Tissue,and Genotype,”Laboratory Investigation:A Journal of Technical Methods and Pathology 23,no.1(1970):86—92;Y.Le Guilly et al.,“Long-term Culture of Human Adult Liver Cells:Morphological Changes Related to in Vitro Senescence and Effect of Donor's Age on Growth Potential,”Gerontologia 19,no.5(1973):303—13;E.L.Bierman,“The Effect of Donor Age on the in Vitro Life Span of Cultured Human Arterial Smooth-Muscle Cells,”In Vitro 14,no.11(1978):951—55.

[967] J.R.Smith and R.G.Whitney,“Intraclonal Variation in Proliferative Potential of Human Diploid Fibroblasts:Stochastic Mechanism for Cellular Aging,”Science 207(1980):82—84.

[968] 出处同上，82。

[969] W.E.Wright and L.Hayflick,“Formation of Anucleate and Multinucleate Cellsin Normal and SV40 Transformed WI-38 by Cytochalasin B,”Experimental Cell Research 74(1972):187—94.

[970] W.E.Wright and L.Hayflick,“Nuclear Control of Cellular Aging Demonstrated by Hybridization of Anucleate and Whole Cultured Normal Human Fibroblasts,”Experimental Cell Research 96,no.1(1975):113—21.

[971] Leonard Hayflick,“Mortality and Immortality at the Cellular Level:A Review,”Biochemistry(Moscow) 62(1997):1180—90.

[972] Hermann J.Muller,“The Remaking of Chromosomes,”Collecting Net 13(1938):181—98.

[973] Barbara McClintock,“The Stability of Broken Ends of Chromosomes in Zea mays,”Genetics 126(1941):234—82.

[974] Alexey M.Olovnikov,“Telomeres,Telomerase,and Aging:Origin of the Theory,”Experimental Gerontology 31,no.4(1996):445.

[975] A.M.Olovnikov［“Principles of Marginotomy in Template Synthesis of

Polynucleoetides"] ,Doklady Akademii Nauk SSSR 201,no.6(1971):1496—99(in Russian).

[976] A.M.Olovnikov,"A Theory of Marginotomy:The Incomplete Copying of Template Margin in Enzymic Synthesis of Polynucleotides and Biological Significance of the Phenomenon,"Journal of Theoretical Biology 41(1973):186.

[977] 出处同上，188。

[978] 出处同上，181—90。

[979] James D.Watson,"Origin of Concatameric T7 DNA,"Nature:New Biology 239(1972):197—201.

[980] Catherine Brady,Elizabeth Blackburn and the Story of Telomeres:Deciphering the Ends of DNA(Cambridge,MA,and London:MIT Press,2007),3.

[981] Elizabeth H.Blackburn and Joseph G.Gall,"A Tandemly Repeated Sequence at the Termini of the Extrachromosomal Ribosomal RNA Genes in Tetrahymena,"Journal of Molecular Biology(1978):33—53.

[982] Elizabeth H.Blackburn,Carol W.Greider,and Jack W.Szostak,"Telomeres and Telomerase:The Path from Maize,Tetrahymena and Yeast to Human Cancer and Aging,"Nature Medicine 12,no.10(2006):1134;Jack W.Szostak,"Biographical,"Nobelprize.org,www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2009/szostak-bio.xhtml.

[983] Jack W.Szostak and Elizabeth H.Blackburn,"Cloning Yeast Telomeres on Linear Plasmid Vectors,"Cell 29,no.1(1982):245—55.

[984] Janis Shampay,Jack W.Szostak,and Elizabeth H.Blackburn,"DNA Sequences of Telomeres Maintained in Yeast,"Nature 310,no.5973(1984):154—57.

[985] 卡罗尔·格雷德，2016年5月15日写给作者的电子邮件。

[986] Carol W.Greider and Elizabeth H.Blackburn,"Identification of a Specific Telomere Terminal Transferase Activity in Tetrahymena Extracts,"Cell 43,no.2,part 1(1985):405—13.

[987] Guo-Liang Yu et al.,"In Vivo Alteration of Telomere Sequences and Senescence Caused by Mutated Tetrahymena Telomerase RNAs,"Nature 344(1990):126—32.

[988] Carol W.Greider and Elizabeth H.Blackburn,"A Telomeric Sequence in the RNA of Tetrahymena Telomerase Required for Telomere Repeat Synthesis,"Nature 337(1989):331—37.

[989] 卡罗尔·格雷德，写给作者的电子邮件。

[990] Robert K.Moyzis et al.,"A Highly Conserved Repetitive DNA Sequence(TTAGGG)n,Present at the Telomeres of Human Chromosomes,"Proceedings of the National Academy of Sciences 85(1988):6622—26;Robin C.Allshire et

al.,“Telomeric Repeats from T.thermophila Cross Hybridize with Human Telomeres,”Nature 332(1988):656—59.

[991] Calvin B.Harley,A.Bruce Futcher,and Carol W.Greider,“Telomeres Shorten During Ageing of Human Fibroblasts,”Nature 345(1990):459.

[992] Stephen S.Hall,Merchants of Immortality:Chasing the Dream of Human Life Extension(Boston and New York:Houghton Mifflin,2003),58.

[993] Andrea G.Bodnar et al.,“Extension of Life-span by Introduction of Telomerase into Normal Human Cells,”Science 279(1998):349—52.

[994] Nicholas Wade,“Cells' Life Stretched in Lab,”New York Times,January 14,1998,p.A1,www.nytimes.com/1998/01/14/us/cells-life-stretched-in-lab.xhtml;Nicholas Wade,“Cells Unlocked,Longevity's New Lease on Life,”Week in Review,New York Times,January 18,1998,www.nytimes.com/1998/01/18/ weekinreview/ideas-trends-cells-unlocked-longevity-s-new-lease-on-life.html;Nicholas Wade,“Cell Rejuvenation May Yield Rush of Medical Advances,”Science Times,New York Times,January 20,1998,www.nytimes.com/1998/ 01/20/science/cell-rejuvenation-may-yield-rush-of-medical-advances.html.

[995] Carl T.Hall,“Non-aging Human Cells Created in Lab;Bay Firm's Stock Soars on Hopes of Medical Advances,”San Francisco Chronicle,January 14,1998,p.1.

[996] David Stipp,“The Hunt for the Youth Pill:From Cell-Immortalizing Drugs to Cloned Organs,Biotech Finds New Ways to Fight Against Time's Toll,”Fortune,October 11,1999,199,http://archive.fortune.com/magazines/fortune/ fortune_archive/1999/10/11/ 267014/index.htm.

[997] Mary Armanios and Elizabeth H.Blackburn,“The Telomere Syndromes,”Nature Reviews Genetics 13(2012):693—704;Susan E.Stanley and Mary Armanios,“The Short and Long Telomere Syndromes:Paired Paradigms for Molecular Medicine,”Current Opinion in Genetics & Development 33(2015):2—3.

[998] Mary Armanios,“Telomeres and Age-Related Disease:How Telomere Biology Informs Clinical Paradigms,”Journal of Clinical Investigation 123,no.3(2013):996—1002.

[999] Gil Atzmon et al.,“Genetic Variation in Human Telomerase Is Associated with Telomere Length in Ashkenazi Centenarians,”Proceedings of the National Academy of Sciences 107,supp.1(2010):1710—17.

[1000] Nam W.Kim et al.,“Specific Association of Human Telomerase Activity with Immortal Cells and Cancer,”Science 266(1994):2011—15.

[1001] Blackburn,Greider,and Szostak,“Telomeres and Telomerase,”1137.

[1002] Stanley and Armanios,“Short and Long Telomere Syndromes,”3—6.

[1003] Meredith Wadman,“Cell Division,”Nature 498(2013):425.

[1004] 黛比·文内奇，2013年5月23日与作者的电话访谈。

[1005] Y.Takeuchi et al.,［“Field Trial of Combined Measles and Rubella Live Attenuated Vaccine”］,Kansenshogaku Zasshi［Japanese Journal of Infectious Diseases］76,no.1(2002):56—62.

[1006] 日本的甲肝疫苗Aimmugen是由日本化学及血清疗法研究所使用非洲绿猴细胞系GL37生产的。见David E.Anderson,“Compositions and Methods for Treating ViralInfections,”U.S.Patent 20,140,356,399 A1,filed January 11,2013,and issued December 4,2014,section 0032。

[1007] 伊莎贝尔·克拉克斯顿2002年致黛比·文内奇的信。由黛比·文内奇提供。

[1008] 默克公司助理律师布鲁斯·埃利斯2002年12月20日致证券交易委员会的信。由黛比·文内奇提供。Alex Shukhman,attorney adviser,Securities and Exchange Commission,“Response of the Office of Chief Counsel,Division of Corporate Finance,February 26,2003,Re:Merck & Co.,Inc.,Incoming Letter Dated December 20,2002.”由黛比·文内奇提供。

[1009] 黛比·文内奇，2016年4月17日写给作者的电子邮件。

[1010] 德布拉·L.文内奇2003年6月4日致若瑟·拉辛各枢机的信。由黛比·文内奇提供。

[1011] Sarah Lueck,“Boot-Camp Bug Returns to the Barracks When Pentagon Pulls the Plug on Vaccine,”Wall Street Journal,July 13,2001.

[1012] Centers for Disease Control,“Two Fatal Cases of Adenovirus-Related Illness in Previously Healthy Young Adults—Illinois,2000,”Morbidity and Mortality Weekly Report 50,no.26(2001):553—55.

[1013] 出处同上，555。

[1014] 出处同上，553；E.L.Buescher,“Respiratory Disease and the Adenoviruses,”Medical Clinics of North America 51(1967):772,778。

[1015] Lueck,“Boot-Camp Bug Returns.”

[1016] Robert N.Potter et al.,“Adenovirus-Associated Deaths in US Military During Postvaccination Period,1999—2010,”Emerging Infectious Diseases 18,no.3(2012):507—9(doi:10.3201/ eid1803.111238);Project Director,“Adenovirus Vaccines Reinstated After Long Absence,”The History of Vaccines Blog,April 17,2012.www.historyofvaccines.org/content/blog/ adenovirus-vaccines-reinstated-after-long-absence(accessed June 18,2016).

[1017] Operational Infectious Diseases,Naval Health Research Center,“Febrile Respiratory Illness(FRI) Surveillance Update,”2015,week 38(through September 26,2015),2,www.med.navy.mil/sites/nhrc/geis/Documents/FRIUpdate.pdf(accessed April 12,2016).

[1018] 麦康奈尔一家的故事来自作者在2015年6月27和28日与奇普·麦康奈尔和贝琪·麦康奈尔的面对面访谈；麦康奈尔夫妇和珍妮特·吉尔斯多夫提供的病历；奇普·麦康

奈尔在2014和2015年写给作者的若干封电子邮件；以及http://www.angelsforanna.com/。

[1019] Pontifical Academy for Life,“Moral Reflections on Vaccines Prepared from Cells Derived from Aborted Human Foetuses,”Zenit,July 26,2005,https://zenit.org/articles/on-vaccines-made-from-cells-of-aborted-fetuses/(accessed April 17,2016).

[1020] David Mitchell,“Merck Focusing on Combination Vaccine:Manufacturer Stops Sales of Monovalents for Measles,Mumps,Rubella,”American Academy of Family Physicians News(online),December 24,2008.

[1021] Centers for Disease Control and Prevention,“Measles,Mumps,and Rubella:Vaccine Use and Strategies for Elimination of Measles,Rubella,and Congenital Rubella Syndrome and Control of Mumps:Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices(ACIP),”Morbidity and Mortality Weekly Report 47,no.RR-8(1998):1—57,www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00053391.htm.

[1022] Mona Marin et al.,“Use of Combination Measles,Mumps,Rubella,and Varicella Vaccine:Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices(ACIP),”Morbidity and Mortality Weekly Report Recommendations and Reports 59,no.RR-3(2010):1—12,www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20448530.

[1023] 默克公司2009年7月1日致［匿名者］的信，https://cogforlife.org/wp-content/ uploads/2012/05/merck2009Response.pdf(accessed April 18,2016)。

[1024] Children of God for Life,“Measles Outbreaks:Blame Merck—Not the Parents!”(press release),January 25,2015,https://cogforlife.org/measlesPress.pdf(accessed April 16,2016).

[1025] 阿兰·肖，2014年3月16日与作者的访谈。

[1026] Goberdhan P.Dimri et al.,“A Biomarker That Identifies Senescent Human Cells in Culture and in Aging Skin in Vivo,”Science 92(1995):9363—67.

[1027] Takeshi Shimi et al.,“The Role of Nuclear Lamin B1 in Cell Proliferation and Senescence,”Genes and Development 25,no.24(December 15,2011):2579—93.

[1028] Tal Ilani et al.,“A Secreted Disulfide Catalyst Controls Extracellular Matrix Composition and Function,”Science 341(2013):75—76.

[1029] Jessica Leung,Stephanie R.Bialek,and Mona Marin,“Trends in Varicella Mortality in the United States:Data from Vital Statistics and the National Surveillance System,”Human Vaccines & Immunotherapeutics 11,no.3(2015):662;M.Marin,J.X.Zhanag,and J.F.Seward,“Near Elimination of Varicella Deaths in the US After Implementation of the Vaccination Program,”Pediatrics 128,no.2(2011):214—20.

[1030] Centers for Disease Control and Prevention,“Notifiable Infectious Diseases and Conditions:United States,2013,”Morbidity and Mortality Weekly Report 62,no.53(2015):27.

[1031] 出处同上，108；Leung,Bialek,and Marin,“Trends in Varicella Mortality,”663。

[1032] Centers for Disease Control and Prevention,“Prevention of Hepatitis A Through Active or Passive Immunization,”Morbidity and Mortality Weekly Report 55,no.RR-7(2006),www.cdc.gov/mmwr/pdf/rr/rr5507.pdf.

[1033] Division of Viral Hepatitis,Centers for Disease Control and Prevention,“Viral Hepatitis Surveillance:United States,2013,”16,fig.2.1,www.cdc.gov/hepatitis/statistics/2013 surveillance/ pdfs/2013hepsurveillancerpt.pdf.

[1034] Alexia Harrist et al.,“Human Rabies—Wyoming and Utah,2015,”Morbidity and Mortality Weekly Report 65,no.21(2016):529—33.Available here:http://www.cdc.gov/mmwr/ volumes/65/wr/mm6521a1.htm.

[1035] L.Dyer et al.,“Rabies Surveillance in the United States During 2013,”Journal of the American Veterinary Medical Association 245,no.10(2014):1111,http://avmajournals.avma.org/doi/pdf/10.2460/ javma.245.10.1111.

[1036] Centers for Disease Control and Prevention,“Human Rabies:Human Rabies Surveillance,”CDC.gov,September 21,2015,www.cdc.gov/rabies/location/ usa/surveillance/ human_rabies.xhtml.

[1037] Harrist et al.,“Human Rabies—Wyoming and Utah,2015,”529—33.

[1038] P.D.Pratt et al.,“Human Rabies:Missouri,2014,”Morbidity and Mortality Weekly Report 65,no.10(2016):253—56,www.cdc.gov/mmwr/volumes/65/wr/ mm6510a1.htm.

[1039] R.E.Willoughby et al.,“Survival After Treatment of Rabies with Induction of Coma,”New England Journal of Medicine 352,no.24(June 2005):2508—14.

[1040] Ahmad Fayaz et al.,“Antibody Persistence,32 Years After Post-Exposure Prophylaxis with Human Diploid Cell Rabies Vaccine(HDCV),”Vaccine 29(2011):3742—45.

[1041] Centers for Disease Control,“Surveillance Summary:Rubella—United States,”Morbidity and Mortality Weekly Report 19,no.34(1970):336.

[1042] Dorothy M.Horstmann,“Maxwell Finland Lecture:Viral Vaccines and Their Ways,”Reviews of Infectious Diseases 1,no.3(1979):509.

[1043]世卫组织规定，距离分裂停止还有约10代以上的WI—38细胞能够用于疫苗生产。

[1044]出于同样的原因，世卫组织和美国食品药品监督管理局也没有对使用MRC—5细胞——1996年提取自一名英国胎儿——生产的疫苗设定DNA残留量上限。

[1045] Centers for Disease Control,“Rubella,United States,1977—80,”Morbidity and Mortality Weekly Report 29(1980):378.

[1046] Horstmann,“Maxwell Finland Lecture,”510.

[1047] Centers for Disease Control,“Annual Summary 1980:Reported Morbidity and Mortality in the United States,”Morbidity and Mortality Weekly Report 29,no.54(1981):12.

[1048] Centers for Disease Control and Prevention,“Summary of Notifiable Diseases:United States,2001,”Morbidity and Mortality Weekly Report 50,no.53(2003):93.

[1049] Centers for Disease Control and Prevention,“Control and Prevention of Rubella:Evaluation and Management of Suspected Outbreaks,Rubella in Pregnant Women,and Surveillance for Congenital Rubella Syndrome,”Morbidity and Mortality Weekly Report 50,no.RR-12(2001):1.

[1050] 帕梅拉·艾西尔（默克公司），2015年8月31日写给作者的电子邮件。

[1051] G.B.Grant et al.,“Global Progress Toward Rubella and Congenital Rubella Syndrome Control and Elimination:2000—2014,”Morbidity and Mortality Weekly Report 64,no.37(2015):1052—55.

[1052] Ryo Kinoshita and Hiroshi Nishiura,“Assessing Herd Immunity Against Rubella in Japan:A Retrospective Seroepidemiological Analysis of Age-Dependent Transmission Dynamics,”BMJ Open 6,no.1(2016):1.

[1053] Centers for Disease Control and Prevention,“Nationwide Rubella Epidemic:Japan,2013,”Morbidity and Mortality Weekly Report 62,no.23(2013):457—62.

[1054] Kinoshita and Nishiura,“Assessing Herd Immunity,”1.

[1055] Centers for Disease Control and Prevention,“Three Cases of Congenital Rubella Syndrome in the Postelimination Era:Maryland,Alabama,and Illinois,2012,”Morbidity and Mortality Weekly Report 62,no.12(2013):226—29.

[1056]有一个例外。根据1993年的一项法律，在没有得到堕胎女性的知情同意前，即使流产胎儿的组织没有个人信息，也不得将其植入人体，以实现治疗上的目的——例如，人们曾尝试以胎儿组织治疗帕金森病

[1057] Nathaniel Lambert et al.,“Seminar:Rubella,”Lancet 385(2015):2297,2300—2301.

[1058] Center for Biologics Evaluation and Research,Food and Drug Administration,Guidance for Industry:Characterization and Qualification of Cell Substrates and Other Biological Materials Used in the Production of Viral Vaccines for Infectious Disease Indications(Rockville,MD:U.S.Department of Health and Human Services,2007),36.

[1059] World Health Organization Expert Committee on Biological Standardization,Fifty-sixth Report,WHO Technical Report Series 941(Geneva:World Health Organization,2007),103.

[1060] 阿兰·肖，2014年3月16日与作者的访谈。

[1061] Jean Wallace,“Turmoil Besets Wistar in Wake of Koprowski's Ouster,”Scientist 6,no.5(March 2,1992),www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/12194/title/Turmoil-Besets-Wistar-In-Wake-Of-Koprowski-s-Ouster/;莫里斯·希勒曼，2004年11月30日与保罗·奥菲特的访谈。希勒曼称该数字为350万美元。

[1062] 南希·莱昂内（梯瓦制药公司下属全球专科药物公司宣传主管），2014年2月20日写给作者的电子邮件。

[1063] Robert D.Truog,Aaron S.Kesselheim,and Steven Joffe,“Paying Patients for Their Tissue:The Legacy of Henrietta Lacks,”Science 337(2012):37—38.

[1064] Meredith Wadman,“Cell Division,”Nature 498(2013):426.

[1065]因为智障人士及其支持者在二十五年前多次强烈抗议——这实际上是一次争取研究参与权的运动，美国的规定没有向这个群体提供特殊保护。这个问题并不简单。支持者当时尤其担心，如果研究人员受到太多制约，针对精神疾病的临床研究就会遭到忽视。

[1066] 斯蒂芬·约菲，2013年2月23日与作者的电话访谈。2016年，约菲是宾夕法尼亚大学佩雷尔曼医学院的儿科肿瘤专家和生物伦理专家。

[1067] Scott D.Kominers and Gary S.Becker,“Paying for Tissue:Net Benefits,”Science 337(2012):1292—93.

[1068] E.Eiseman and S.B.Haga,Handbook of Human Tissue Resources:A National Resource of Human Tissue Samples(Santa Monica,CA:RAND Corporation,MR-954-OSTP,1999).

[1069] “Federal Policy for the Protection of Human Subjects:Proposed Rules,”Federal Register 80,no.173(September 8,2015):53936.

[1070] Jocelyn Kaiser,“Researchers Decry Consent Proposal,”Science 352,no.6288(2016):878—79;David Malakoff,“Panel Slams Plan for Human Research Rules,”Science 353,no.6295(2016):106—7;National Academies of Sciences,Engineering,and Medicine,Optimizing the Nation’s Investment in Academic Research:A New Regulatory Framework for the 21st Century(Washington,DC:National Academies Press,2016):97—103.

[1071] Code of Federal Regulations,title 45,part 46,section 206:“Research Involving,After Delivery,the Placenta,the Dead Fetus or Fetal Material,”October 1,2014.

[1072] 下列这些州没有依据《统一组织捐赠法》来要求使用流产胎儿组织的研究项目获得胎儿母亲的同意：佛罗里达州、艾奥瓦州、肯塔基州、路易斯安那州、马里兰州、密歇根州、明尼苏达州、密苏里州、新墨西哥州、内布拉斯加州、南卡罗来纳州、南达科他州、华盛顿州和威斯康星州。密歇根州在1978年单独通过了一部法律，提出了相同的要求，Michigan Compiled Laws Annotated,section 333.2688。

[1073] Henry K.Beecher,“Ethics and Clinical Research,”New England Journal of Medicine 274,no.24(1966):1354—60,www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/

NEJM196606162742405;William H.Stewart,“Surgeon General's Directives on Human Experimentation,”PPO #129(Bethesda,MD:U.S.Public Health Service Division of Research Grants,revised July 1,1966).

[1074] Jean Heller,“Syphilis Victims in US Study Went Untreated for Forty Years,”Associated Press,July 24,1972.

[1075] Allan M.Brandt,“Racism and Research:The Case of the Tuskegee Syphilis Study,”Hastings Center Report 8,no.6(1978):21—29.

[1076] Public Law 93-348,section 212,July 12,1974.

[1077] W.J.Curran,“Government Regulation of the Use of Human Subjects in Medical Research:The Approaches of Two Federal Agencies,”in Experimentation with Human Subjects,ed.P.A.Freund(New York:George Braziller,1970),443.

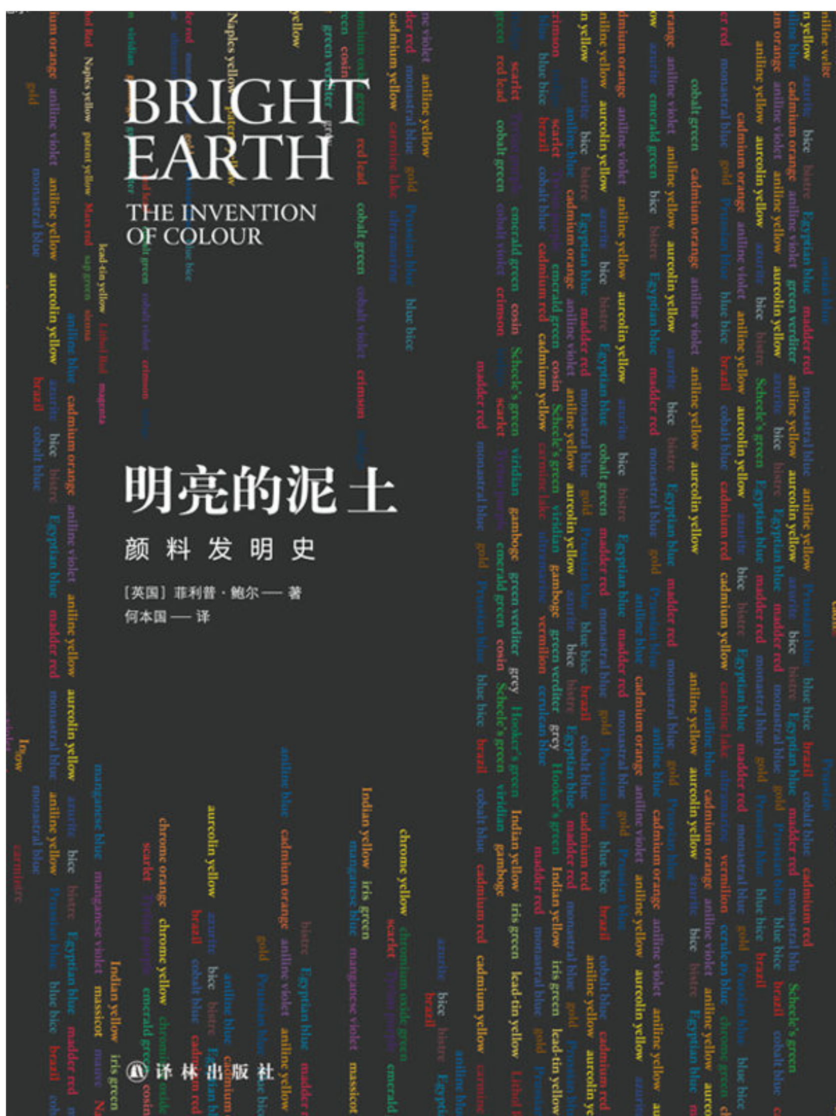
[1078] Code of Federal Regulations,title 45,part 46.

[1079] Meredith Wadman,“The Truth About Fetal Tissue Research,”Nature 578(2015):178—81.

[1080] Molly Redden,“Vital Fetal Tissue Research Threatened by House of Representatives Subpoenas,”the Guardian,April 1,2016.https://www.theguardian.com/science/2016/apr/01/ congress-subpoenas-fetal-tissue-research-abortion.

[1081] Denise Grady and Nicholas St.Fleur,“Fetal Tissue from Abortions for Research Is Traded in a Gray Zone,”New York Times,July 27,2015.

[1082] Redden,“Vital Fetal Tissue Research Threatened.”


BRIGHT EARTH
THE INVENTION OF COLOUR
明亮的泥土
颜料发明史
[英国] 菲利普·鲍尔 — 著
何本国 — 译
译林出版社

版权信息

书　　名　明亮的泥土：颜料发明史

作　　者　【英】菲利普·鲍尔

译　　者　何本国

责任编辑　杨雅婷

出版发行　译林出版社

ISBN　9787544770880

关注我们的微博：@译林出版社

关注我们的微信：yilinpress

意见反馈：@你好小巴鱼

目录
CONTENTS

序言
中文版序
前言
第一章 注视者的目光——画室里的科学家
第二章 撷取彩虹——关于颜色的物理学和化学
第三章 火神的熔炉——古代的颜料技术
第四章 秘方——炼金术的艺术遗产
第五章 光影大师——文艺复兴的荣光
第六章 古老的黄金——简朴调色板的复兴
第七章 多彩的金属——合成色料与颜色化学的黎明
第八章 光的统治——印象派的明亮效应
第九章 对紫色的激情——染料，以及颜料的工业化
第十章 午夜暗影——关于蓝色
第十一章 时间这个画家——不停变化的画布
第十二章 捕捉颜色——艺术如何在复制中显现
第十三章 心胜于物——在现代主义中作为形式的颜色
第十四章 纯粹的艺术——新的材料，新的视野
参考书目
注释

序言

细菌以阳光为食的壮举，创造出神奇的眼睛，五光十色的新世界，灿然展现。这一空前的奇迹也是对环境的新发现，对学习、对知识、对价值的新发现。伟大的科学与伟大的艺术由此诞生。然而，贡布里希认为，艺术与科学的命运不同，科学在进步，而艺术只有当目标锁定后才有进步可言，西方的绘画可以一步一步地向写实的目标进步，可轻视这个目标的中国文人画同样精微伟大。在西方，我们尤其会看到，艺术在一个方向上有所得也会在其他方面有所失，况且艺术家还常常偏爱原始性。

本书的作者身为科学家，不同意此论，他在艺术与科学的演进中看出：艺术其实更是一门科学，而科学也更是一种艺术。这是一个有雄心有魄力的假说，我们通过阅读可以检验这个假说，从而更深刻地看待艺术的历史。但是，不论这个假说成功与否，这部书都竭力用科学和艺术的精工去绘制金碧山水，从而创造一套色彩的语言，帮助眼睛重新观看色彩的绘画和色彩的世界。

这就是作者的抱负，他教我们观看颜色的杰作，用一段评论米勒《拾穗者》的文字开篇，这段对画面色彩的描述直接触及我们的感官和情感，有点儿类似中国17世纪审美大师冒襄对色彩的感受：宣炉最妙在色，假色外炫，真色内融，从黯淡中发奇光，正如好女子肌肤柔腻可掐。然而，作者要换一个视角，去关注颜色的物质，并把颜料当作材料来欣赏。以此为出发点，作者窥测火神的熔炉，潜身炼金术士的密室，深入艺术家的工坊，为追寻颜色的语言，下足了功夫。他裒集的颜色词汇，也让译者斟酌译名，费尽了心力；这是作者的敬业，也是译者的严肃。

曩年读《颜色的故事》（Color: A Natural History of the Palette），曾想起《历代名画记》论及的颜料：武陵水井之丹，磨嵯之沙，越嶲之空青，蔚之曾青，武昌之扁青，蜀郡之铅华，始兴之解锡，林邑、昆仑之黄，南海之蚁铆，云中之鹿胶，吴中之鳔胶，东阿之牛胶……日月其徂，时光已流逝约一千二百年之久，不知哪位有心人还会对这段古老的记述去探赜索隐。

三联版的中译本《颜色的故事》，有王天兵先生的精彩序言，落

笔濡濡淈淈，光彩、激情和智慧，闪闪而出，益人良多。对色彩有兴趣的读者当把《明亮的泥土》和《颜色的故事》，还有商务印书馆即将出版的《色彩与文化》（Colour and Culture），置案并读，那是一片彩虹在天、上下辉耀的世界，让人恍然山阴道上，风回月落之时还味之不尽。

范景中

中文版序

我看过长城、故宫，看过杭州那美妙的西湖，看过苏州园林，也看过四川都江堰的古代水利工事。由于一些原因，我在中国却从未游历过西安，去看看秦始皇的陵墓和他的兵马俑。它们毫无疑问是我一直想参观的。

我明白，那些纵横排列的陶土士兵，现在已无人得见其巅峰时期的辉煌。昔日装扮它们的颜料，早已从表面纷纷剥落。如我在本书正文中写到古希腊那些神庙和雕像时所说的，它们留给今人一种印象，似乎古代世界单调黯然。事实并非如此。在西安发掘出土的陶俑上，仍然黏附着一些色料碎片，从中能够看出这些雕像也曾色彩鲜明。

在这些色料中，有一些也常见于古代世界的其他地方。比如红辰砂——硫化汞的矿物形态——在秦汉两朝就遍布于亚洲和中东地区。辰砂在中国矿藏丰富，仅陕西一省藏量就占全国的五分之一，开采之后不仅用作色料，还可入药。中国的神话传说中讲到一个名叫黄安的人，靠食用辰砂延年益寿，活了一万多年；[1]据说，秦始皇也服用过加了这种矿物的酒和蜂蜜，想要长生不老。（有些历史学家推想，这么做可能恰恰折了他的寿，毕竟，摄取水银无论如何都是不明智的。）汉代史家司马迁称，秦始皇陵中有秦帝国的缩微模型，其中的河流就是水银做的。这些水银也许就来自陕西南部旬阳县的古矿山。

不过，兵马俑身上的那些色料，有一些只有中国才有。这没什么值得惊讶的，众所周知，中国古代的化学工艺（那时叫炼金术）相当复杂，可用来制备多种药物及其他日常用品。在古埃及，情况同样如此，人们靠化学制得玻璃、化妆品、药膏及绘画颜料。埃及人留下了一种极受推崇的颜色，今人径称为埃及蓝，本书正文中讲到，它可能是制备玻璃时衍生出来的。这是一种蓝色硅酸盐材料，其色调来自铜元素。中国在秦汉两朝，以及时间更早的战国时期（约公元前479——前221），并未使用埃及蓝，但中国也有属于自己的蓝色，今人称为汉代蓝，（由于其出现时间早于汉代）也称为中国蓝。埃及蓝的化学名称是硅酸铜钙，中国蓝则以钡元素代替了钙。

中国古代的化学家们还发现，在制作这种蓝色色料时，可以把颜色调成紫色，两者化学成分相同，只是配比有别。这项创新很难得，

毕竟在人类的整个“颜料发明”史上，紫色色料都很难制备；在西方，直到19世纪才有了好用、稳定的紫色色料。更令人惊喜的是，中国紫包含两个铜原子，由一个化学键连接，从而成为人类已知最早的具有所谓“金属——金属键”的合成物质，这种单元对现代化学家来说极为重要。

我虽未亲见过兵马俑，多年前却在瑞士拜访过苏黎世大学的海因茨·贝尔克教授，教授一直在研究兵马俑身上残存的斑驳色料。海因茨慷慨地送给我一块中国蓝的颜色样品，那是他在自己的实验室里制成的。写本篇序言的时候，这块样品就在我的面前。海因茨曾写道：“从工艺和化学方面来看，中国蓝和中国紫的发明是一项非凡的功绩，［也是］科学和技术对社会产生积极影响的出色范例。”

到这里，读者大概能够看出，为何我对《明亮的泥土》中文版的面世如此欣喜。这本书凝聚着我在三个主题上的激情：化学、色彩和中国。一直让我引以为憾的是，没能在书中更多地谈论西方世界以外的艺术，也许未来某天，我会决心一试。在中国，颜料的发明有着迥异的故事，尤其是，中国的山水画传统轻色彩而重形式、重构图、重笔法。我自年少时便对此种传统心驰神往，1992年起我开始探究中国，主要原因正在于此。当然，这种艺术传统丝毫没有降低色彩在中国文化中的重要性；毕竟，它是五行学说所蕴含的对应关系的一个方面。造访中国的人，很难忽视中国传统文化中色彩的灵动鲜活，尤其是在织造丝绸所用的斑斓染料中。我期待，也深信，《明亮的泥土》会在中国读者中引发广泛共鸣。

菲利普·鲍尔
2017年于伦敦

前言

在过去的两年里，我一直在学习说一门新的语言。或者，也可以说是“想”而不是“说”，毕竟绘画颜色[2]是一种难以通过言辞来传达的语言。比如，下面是德国艺术评论家洛伦佐·迪特曼对让——弗朗索瓦·米勒的《拾穗者》（The Gleaners，1857）的评论：

> 那些极为克制的颜色……遵循着细致安排的序列：中间的人物是淡红色调，以近于铜红和棕色的明亮胭脂红为基础；右边站立的人物则是有细致差别的各种丰富的灰色：带银色的明亮的蓝灰、鸽子灰以及蓝灰加绿松石灰……中景里的田野浮现的近于棕色的色调几乎无法定义，在背景人物灰度的映衬下，微微显示出粉紫色调，同时又再次在微暗的前景中得到呼应。

你看到图像了吗？当然没有，虽然这些词语已经开始描绘属于它们自己的画面。和音乐一样，颜色通过一条捷径触及我们的感官和情感。中世纪的教会谙熟这一点，绘画巨匠以及宣传家、广告商和设计师对此同样深知。难怪哲学家和语言学家如此热衷于在颜色上耗费唇舌：颜色引诱他们、戏弄他们、迷惑他们，同时又允诺着奇迹和深藏的秘密。

那么，应该从哪里着手学习这门语言呢？我确信没有最好的答案。我是通过呈现颜色的物质（substance）入手的，如果说这样做的部分原因在于我是一名职业化学家，那么另外的原因则在于，我把颜料和色料[3]作为材料来欣赏，它们有诱人又醉人的外观、气味、质地和名称。这门颜色的语言我已经能够读懂：酞菁染料向我显示的是叶绿素和血液，朱砂在我心里唤起的是炼金术士的硫黄和水银。然而，画家们对颜色的运用不仅有独特的化学原理，还有其历史传统、心理原因、偏见、虔诚以及神秘之处。

在我的想象中，若有机会熟练掌握一门外语，在走进说这门语言的那个国度时，我会体验到为了写作本书而在数月之中多次前往国家美术馆后获得的那种感受。经由色彩这个媒介，我开始理解遍布馆内的那些墙上都在诉说着什么，至少能够抓住一鳞半爪。此前，那里不过是镶有镀金画框的二维图像，现在则是一个鲜活的世界。每幅图画看起来都像是刚刚走出艺术家的工坊或画室，颜料从调色板到画板或

画布的过渡还能从画笔的留痕中窥见。当然，时间也留下了痕迹：随着绿色变暗成为黑色、红色变浅成为粉色，画作往往需要更复杂的解读，超过了艺术家的本意。到头来，颜色这门语言实际上最主要的就是学会去看。

在这一学习过程中，我极为幸运地受惠于一些人的指点，他们在颜色这门语言上的熟练程度，我永远也无法企及。我要感谢泰特美术馆的汤姆·勒纳、国家美术馆的乔·柯比、剑桥大学的约翰·盖奇、牛津大学的马丁·肯普、利兹大学的海伦·斯凯尔顿和戴维·刘易斯；特别要感谢泰特美术馆的乔伊斯·汤森，他不仅帮忙寻找资料、提供信息，还不辞辛劳通读了本书初稿。感谢皇家艺术学院惠允我使用备受称道的色彩参考资料库（Colour Reference Library）；感谢本书编辑安德鲁·基德和约翰·格卢斯曼，在他们的帮助下，这本书得以渐渐成形。许多友人和同僚表现出持久的兴趣和热情，这无疑是每一位写作者都不可或缺的精神养分，令人感激不尽。

菲利普·鲍尔
2001年于伦敦

说明　在泛指20世纪以前的画家时，我往往使用男性第三人称。这不过是想与历史事实保持一致：女性画家通常只是极为罕见的例外，用“他的或她的”会与上下文不协调。我们可以叹惜早先时代的这种不平等，但不必加以否认。不过，如彩图4.2所示，即使在大男子主义最为盛行的时代，也有女性能成为画家。

第一章 注视者的目光——画室里的科学家

我们的出发点是研究颜色及其对人的影响。

——瓦西里·康定斯基，《论艺术中的精神》（Concerning the Spiritual in Art，1912）

于是穿蓝色套装的那个人把手伸进口袋，掏出一大张纸，小心地展开后递给我。纸上是毕加索的笔迹，不那么飘忽，比平常更为用心。乍一看上去，像是一首诗。大约20句排成一列，周围是疏朗的空白。每一句都以一个破折号拉长，有时破折号还很长。但它其实不是诗，而是毕加索最近的颜料订单……

仅此一次，毕加索调色板上所有的无名英雄从暗影中列队走出，走在最前面的是永固白。其中的每一位都曾在某场大战中让自己脱颖而出，比如在蓝色时期、玫瑰色时期、立体主义、《格尔尼卡》[4]中……每一位都可以说："还有我，那时在场……"毕加索回望着老战友们，给每个人挥上一笔，那长长的破折号像是兄弟般的致敬："欢迎波斯红！欢迎翡翠绿！天蓝、象牙黑、钴紫，纯色的和深色的，欢迎！欢迎！"

——布拉萨伊，《毕加索谈话录》（Conversations avec Picasso，1964）

"我相信未来人们会开始只用一种颜色作画，除了颜色不用别的。"法国艺术家伊夫·克莱因于1954年如是说，随后他就开启了一段"单彩画"时期，每幅作品只由一种华丽的色相完成。这种大胆尝试在1955年达到高潮，当时克莱因与巴黎的颜料零售商爱德华·亚当合作，制作了一种新的蓝色颜料，色彩极为鲜明。1957年，他通过一次名为"蓝色时代公告"的画展发表了自己的宣言，展品中包括以克莱因的新蓝色完成的11幅画作。

说伊夫·克莱因的单彩艺术源自化学技术，我的意思不只是说他的

颜料是现代化学的产物。这种艺术的观念本身就受到了技术的启发。克莱因不只是想向我们展示某种纯色，他想做的是表现新色彩的华丽，陶醉于它的物质性（materiality）。他那些醒目的橙色和黄色都是合成色，是20世纪的发明。克莱因的蓝色是群青，不是中世纪那种来自矿物的天然群青，而是化学工业的产物；克莱因和亚当用了一年的时间进行试验，把它变成了具有艺术家梦寐以求的迷人特质的颜料。克莱因为这种新的颜料申请了专利，他不只是在保护自己的商业利益，也是在为一种创造性观念的真实存在打上印记。可以说，这项专利就是他的艺术的一部分。

只有当化学技术达到了一定的成熟阶段，伊夫·克莱因对颜色的运用才成为可能。这并不是什么新鲜事。只要画家们将想象和梦想落实成了形象，他们就借用了工艺方面的知识和技巧来提供材料。随着19世纪早期化学研究的繁荣，有一个事实已无法忽视：化学就展示在艺术家们的调色板上。艺术家对此欢欣不已。“让我们赞美调色板带来的愉悦……那本身就是一幅‘作品’，事实上比许多作品还要美。”瓦西里·康定斯基于1913年如是说。印象派画家卡米耶·毕沙罗在《有风景的调色板》（Palette with a Landscape，1878）中有力地说明了这一点：这幅田园风光画，是通过把散布在调色板边缘的明亮颜料推倒，而直接在调色板上完成的。

印象派画家及其后继者，包括梵高、马蒂斯、高更、康定斯基，都充满激情地探索化学开启的新的色彩维度，其力度可以说从此以后无出其右者。欣赏他们画作的人不仅震惊于对规则的突破，即对“自然主义”着色方式的背离，也震惊于眼前看到的此前从未出现在画布上的颜色：鲜艳的橙色、天鹅绒般的紫色、鲜明的新绿色。梵高让他的弟弟去找一些市面有售的最明亮、最醒目的新色料，把它们组合成了令人不安的作品，那刺眼的色调几乎令人难以直视。许多人对这种新的视觉语言感到无话可说或者勃然大怒：保守的法国画家让——乔治·维贝尔就曾批评印象派画家作画时“只用激烈的色彩”。

这句抱怨在过去的数个时代中都有回音，每当化学（或者对外贸易，它也能扩展某个文化中可用材料的总量）为画家们提供新的或品质更好的颜料时便能听到。提香被亨利·詹姆斯称为“着色之王”，当他凭借对运送到威尼斯那些繁荣港口的色料所拥有的优先选择权，在画布上泼洒浓艳的红色、蓝色、粉红和蓝紫时，米开朗琪罗颇为不屑地说，很遗憾威尼斯人没能学会更好的作画技巧。普林尼为明亮的新色料从东方涌入而哀叹不已，认为它们污染了罗马从古典时期的希腊继承的简朴的着色风格：“现在印度献出了她河底的软泥，以及龙和象的血液。”

新化学色料的发明和制作，无可争辩地影响着颜色在艺术领域的运用。如艺术史学家恩斯特·贡布里希所说，艺术家“无法转录眼中所见；他只能把所看到的转化成他所应用的媒介的语言。他也严格地受缚于媒介所产生的色调范围”。[5]因此令人吃惊的是，相比于艺术家们如何运用颜色，对于他们如何获取这些颜色几乎无人关心。对于画家技艺中材料方面的忽视，可能源于西方的一种文化倾向，即将灵感从物质中分离出来。艺术史学家约翰·盖奇坦言：“在艺术史研究中，受到关注最少的方面之一就是艺术家的工具。”印象派画家技法研究专家安西娅·卡伦对此提出了更为强烈的批评：

> 讽刺的是，写艺术评论的人总是无视艺术家技法的实际方面，在讨论绘画时眼里往往只看到风格、文学或形式方面的特征。结果，艺术史领域便生出不必要的错谬和误解，随后继起的一批又一批写作者只不过原样重述而已。任何艺术作品，首先并且最主要地都是由艺术家所能获得的材料，以及艺术家运用那些材料的功力决定的。这样一来，只有在充分考虑到由艺术家所用的材料和社会状况所施加的限制时，美学的专注对象以及艺术在历史上的地位才能得到恰当的理解。[6]

当讨论的主题是颜色的运用时，有人可能认为艺术的“技艺”方面不会受到如此忽视，原因是否在于材料的性质必定会自然而然地引人注意？情况并非总是如此。费伯·比伦在经典作品《绘画色彩史》（History of Color in Painting）中承认，“单块或多块调色板上颜料的选择，无论从哪方面来说都无关乎化学，无关乎耐久性、透明性、不透明性或者艺术中与材料相关的任何方面”。有了对于颜料实质内容的这一不同寻常的疏忽，无疑才有某些荒唐之事，比如比伦把钴蓝归入鲁本斯及其同时代画家的调色板，而这一颜料要到将近两个世纪以后才发明出来。[7]鉴于比伦十分关注“平衡的调色板”所要求的色相，他竟然如此无视不同时代的艺术家们是否有可能获得它们，就着实令人纳罕了。

颜料与画家

每位画家都要面对一个问题：颜色是用来做什么的？作为一位极为关心颜色关系问题的现代艺术家，布里奇特·赖利相当清晰地道出了这种困境：

> 对画家来说，颜色不仅是我们任何人都能看到的一切，最不

寻常的是，它还是调色板上展开的色料，在那里，它们非常独特地就是颜色且只是颜色。要理解画家的艺术，这是要明白的头等重要的事实。不过，这些明亮的、带着光泽的色料不会一直躺在调色板上，作为单纯的颜色保持原样；它们要派上用场，供画家来作画，因此颜色的运用就不得不受制于作画这一功能……画家要面对两套颜色系统：一套由大自然提供，另一套是艺术所要求的；一套是感知的色彩，另一套是图画的色彩。两套色彩都会呈现，画家的作品就取决于他们首先在一套色彩、其次在另一套色彩上所突出的东西。[8]

这并不是当代才出现的难题，而是所有时代的艺术家都曾面对的。但赖利对艺术家境况的总结，漏掉了一些什么。色料并非“就是颜色且只是颜色”，而是具有明确特征和属性的物质，尤其是，它们是有成本的。如果蓝色比等重的金子还要费钱，你还那么想要它吗？黄色看起来相当华丽，但如果指尖的一点残留就会在晚餐时让你中毒呢？某种橙色像从阳光中提取出来一般诱人，但谁知道它明年会不会褪色，变成脏兮兮的棕色呢？简而言之，你和材料之间是什么关系？

原始的颜色提供的并不仅仅是让艺术家去构筑图像的有形媒介。“材料影响着形式。”美国艺术家莫里斯·路易斯于20世纪50年代如是说。但是，当我们面对提香的《酒神巴库斯与阿里阿德涅》（Bacchus and Ariadne，1523）、安格尔的《土耳其宫女与奴隶》（Odalisque with a Slave，1839—1840）或马蒂斯的《红色画室》（Red Studio，1911）中那爆发性的鲜明色彩时，“影响”这个词表达得就远远不够。这样的艺术直接来自色彩的冲击，来自由现有的化学技术限定的可能性。

话说回来，尽管技术使伊夫·克莱因的单彩画第一次成为可能，说鲁本斯是因为无法获取那些颜色而没有用它们作画是没有意义的。同样荒谬的是去假定，要是对解剖和透视在技术上有一定的了解，在化学上又有技艺来扩展色料的范围，古埃及人也能按提香的风格作画。艺术中对颜色的运用，受艺术家个人倾向和文化背景的影响，至少与受可用的材料影响一样大。

因此，认为艺术中颜色的历史就是与色料的累积相称的可能性的累积，这是错误的。艺术家所做的每一次选择，都既是容纳也是摈弃。

在明确理解技术上的考虑是在什么地方进入这种选择的之前，我们必须领会对艺术家的态度产生影响的社会和文化因素。归根结底，每个艺术家都与他或她那个时代的颜色有一份属于自己的约定。

达·芬奇的要求

恩斯特·贡布里希断言“艺术与科学截然不同”，但他给出的理由却会让许多科学家只能苦笑。他说：“很难说艺术本身能够以科学取得进步的方式获得进展。在一个方向上的每一个发现都会在其他地方引起新的困难。”可以看出，贡布里希从未涉猎过科学。

探究艺术与科学之间的关联又变成了一种风尚，但主导相关讨论的是一种设想，即两者的灵感来自相同的观念和资源。我们可能会发现，当今怀着各种信念的艺术家都在开采丰富的缔合（association）矿层，那是从我们的遗传基因中结出来的晶体，就像我们可以在相对论和立体主义、在量子力学和弗吉尼亚·伍尔夫的作品之间进行类比一样。

这样固然很好，只要它说的是亟须的对科学观念从文化上进行吸收（虽然通常是以一种扭曲的或半生不熟的形式）。但是我们似乎更乐意沉溺于思想王国，而不是有形的世界。

不过，这种笛卡尔式的物质和心灵的二分法，并不总是能反映职业艺术家的态度。只是在过去半个世纪左右的时间里，对彩虹的每一种能够想到的分割和混合，才能在现成的颜料管中获得。直到18世纪，大多数艺术家还要自行研磨和混合色料，或者至少要在自己的画室里完成这个过程。意大利的琴尼诺·琴尼尼这样的中世纪匠人在颜色的构成材料中唤起了一种近乎情欲的快乐，这表明与他同代的艺术家和颜料之间关系亲密，他们像应用化学家那样身怀某种绝技。

而且，在理性时代以前，“艺术”和“科学”之间的区别并不等同于直觉和理性之间的区别。在中世纪，从事科学的人就是古代知识和理论的记录者，这项工作并不必然要求具有探索精神。另一方面，“艺术”则暗示着技术或手工方面的技巧，化学家和画家一样，都是艺术家。艺术家的价值不在于他的想象、激情和创造，而在于他能够完成匠人的工作。

这就是莱奥纳多·达·芬奇所生活和工作的世界。弗拉基米尔·纳博科夫曾说，C. P. 斯诺提出的著名的“两种文化”之间的断裂，在他看来更像是沟渠而非深渊；若非如此，他会对斯诺的讨论更感兴趣。达·芬奇看来甚至连沟渠都不曾注意到。他在艺术家、技术专家和自然哲学家之间轻松地转换身份，即使考虑到这些身份之间的区别在文艺复兴时期绝不像在今天那么壁垒森严，这一点也仍然令人惊叹。

达·芬奇身处的15世纪的佛罗伦萨，学者圈子里都在积极讨论理性、几何和数学在艺术中扮演的角色。达·芬奇本人坚决提倡，艺术家需要尽可能准确地模仿自然，这就要求去学习掌控着自然界的数学规则：“那些投身于［艺术］实践却不懂科学的人，就像是水手置身大海却没有船舵或罗盘，永远不知道自己在前往何处。”[9]但是从现代的眼光来看，我们会觉得达·芬奇的身份转换是如此容易接受。在强调科学对艺术的重要作用时，达·芬奇头脑里有一系列构想，它们在很大程度上是当时那个时代的产物。强调数学的作用时，他是想把绘画的地位提升为与几何、音乐、修辞和天文学平起平坐的博雅艺术（Liberal Art）。这些艺术被视为值得在大学里进行严肃的智力探究，而绘画自中世纪以来就被视为一项技艺，一种低下的手工技巧。这样的活动在以往的古典时代通常都由奴隶完成，达·芬奇时代的画家们拼命想甩掉这个耻辱的标记。他们主张把绘画纳入博雅艺术，试图以此提升自己的社会地位。

为了给自己的事业正名，艺术家会强调许多古代的伟人也从事同样的职业，并且国王们和（更晚近的）教皇们向他们表达了青睐。佛罗伦萨建筑师兼艺术家莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂（1404—1472）在《论绘画》（Della Pittura，1435）一书中提醒读者：

> 那时候，王侯和平民、文人和白丁都从绘画中获得愉悦，画家和雕塑家数量庞大……最后，保卢斯·埃米利乌斯[10]和其他许多罗马公民在博雅艺术中择绘画教子，以追求良善而幸福的生活。希腊人特别遵循的优良传统是，那些身为自由人、接受自由教育的年轻人除了文学、几何和音乐，也学习绘画艺术。[11]

达·芬奇、阿尔贝蒂和他们的画家同行发问：为何诗可以被接受为博雅艺术，不用语言而是用颜料来创造美丽图像就不行。达·芬奇说：“在一个地方写下上帝的名字，在背面画一个代表他的形象，看看哪个更受尊崇。”[12]

艺术家的事业要求他们把自己与匠人区分开，让自己的技艺与数学和抽象思想关联起来。阿尔贝蒂说：“绘画在我们的祖先那儿享受着特殊的尊荣：其他所有的艺术家都被称为匠人，只有画家不在此列。”[13]这样的说法只会鼓励艺术家们轻视绘画的材料方面，比如创造和研磨色料。相应地，这无疑也使佛罗伦萨的画家们想要强调素描和线条［线构（disegno）］比色彩（colore）的运用更重要，从而开启了一场持续数个世纪的争论。16世纪的埃奎科拉所发出的那种轻蔑评论，只会让他们更加固执己见；他说：“绘画唯一关心的，就是用各种恰当选择的颜色去模仿自然。”

到15世纪末，达·芬奇和他的画家同行们基本上已经获胜了，但也付出了代价：他们从古典时期继承下来的偏执加深了。在任何地方，达·芬奇都没有挑战那种重视智识甚于手工的深层等级结构。相反，他试图在抽象的层面上为中世纪画家的技艺寻找新的位置。就这样，艺术开始分化为“纯粹的”和“实用的”，这种区别在19世纪以前一直未受到真正的挑战。在《两条道路》（The Two Paths，1859）中，约翰·拉斯金对艺术自身的“两种文化”深感痛惜，主张装饰性的工艺美术不该被视为“低等艺术或一类独立的艺术”。拉斯金联合威廉·莫里斯和其他一些人，在工艺美术运动中努力将手艺人和美术家重新结合在一起。至于他们是否大获成功，就不得而知了：新艺术运动来而复往，艺术方面的精英情怀却难以消除。

化学与艺术

在达·芬奇的时代，绘画与博雅艺术之间的关联，完全类似于化学与自然哲学，或者我们现在所说的科学之间在地位上的关联。那些探究化学艺术，沉浸于烟雾缭绕的实验室、想鼓捣出一点有用之物的人，是被排除在巍峨的科学殿堂之外的。科学史学家劳伦斯·普林西比如此评价这种科学时代以前的化学（chemistry，古体拼作chymistry）：

> 人们早就意识到，化学在18世纪以前面临的“问题”之一，就在于它作为一门实用的或技能方面的艺术，而不是作为自然哲学一个分支的地位。运用化学的是低端的技术应用者，这就决定了化学地位低下，让许多自然哲学家无法接纳它。[14]

于是，在引起争议的《怀疑的化学家》（Sceptical Chymist，1665）一书中，英裔爱尔兰化学家罗伯特·波义耳谴责了“粗俗的化学家们”的无知；他们当中不仅包括想要从伪炼金术转化过程中牟利的十足骗子，还包括理论知识不足的“实验室货”，比如染色的、蒸馏的、做药剂的。达·芬奇若把自己的事业向这群人看齐，将一无所获，于是他掩饰绘画艺术的化学方面也就顺理成章了。

不过，这一点并不能消除以下观念中持续存在的不得体的感觉，即科学为艺术不仅赋予了观念，而且提供了材料。包豪斯学派的建筑师勒·柯布西耶（夏尔——爱德华·让纳雷）和他的搭档阿梅代·奥藏方，在1920年说的一段话表现出明显的势利和无知，让人透不过气来：

> ……最重要的是形式，其他一切都应该从属于它……塞尚的模仿者们正确地看出了乃师的失误：他不加鉴别地接受了颜料贩子们提供的诱人货物，那段时期颜料化学风行一时，而这门学问对伟大的绘画不可能产生影响。我们还是把颜料管带来的感官快乐留给染布匠吧。[15]

这段话暗示塞尚——不是印象派或者野兽派，而是塞尚！——只是一个对原始颜料毫无眼力的拙劣画家。我们还是不要为这个荒谬的说法过于分心。更能说明问题的是勒·柯布西耶诋毁手工技巧和物质愉悦、偏爱“形式”和抽象空间的方式。这段话几乎像是16世纪末认为线构重于色彩的意大利学者中，最为刚愎自用的一位写下的。否认颜料化学能对“伟大的绘画”产生任何影响，归根结底就等于声称伟大的艺术只存在于头脑中，如果遗憾地被迫仅通过现实材料来进行重构，就会掉价。

19世纪时，与化学的牵连看起来或许不那么令人讨厌了，那时化学家们正受到前所未有的尊敬（即使歌德也借用了他们的比喻[16]）。1810年，一位匿名作者在评论艺术技巧时谨慎地说：“化学之于绘画正如解剖学之于素描。艺术家对它们应该有所了解，但不该在任何一方面付出太多时间。”但即便是这样的说法，也可以被视为一个时代的挽歌，在这个时代，画家在某种程度上得是一个化学家，艺术中的训练要求对机械和实践层面给予对审美和智识层面同样多的关注。到19世纪末，艺术家已经完全离不开具有科学造诣的专业人士，即“颜料商”，要靠他们来解决其职业所涉及的化学方面的问题。这种断裂的一个后果是，该时期某些画作的颜色没有扬·凡·艾克那些宝石般的15世纪画作耐久。

化学这个话题让很多人心生恐惧，想要逃避此事实似乎也没有什么意义。制陶专业的学生通常也算是艺术家，该群体仍然需要学习一些真正的化学，即这个领域的系统知识：平衡方程式、元素周期表、原子重量等。从我的经验来看，这并没有让他们对化学感觉更好一些。物质是由元素混合而成的，其混合方式多得令人晕眩——这一点看起来有些令人生畏；坦白地说，这些混合物在当今是在一些灰色的金属尖塔和管道内以工业方式调制的，那些尖塔和管道让人隐约感到一丝不祥和不安。要把这些丑陋的工厂以及陌生或让人不安的名字，如镉、砷、锑，与涂抹在画布上、让我们在艺术画廊里屏息的那些东西联系起来，还真要有一些想象力。这样的恶棍（化学工业犯下的罪完全不是想象中的）真能带来如斯之美？

事实是，或者说肮脏的事实是，为艺术家提供的新颜色长久以来都是化学工业过程的副产品，它们流向了相当广阔的市场。没有商业

引擎的驱动，这些新色料的制造简直无法实现。人工合成的铜蓝，也叫“碳酸铜颜料”，以其低廉成本成为15世纪至18世纪那些昂贵的蓝色色料的主要替代物，它们就是白银开采的副产品。铜蓝后来基本上被普鲁士蓝取代，后者的生产主要是为了满足大规模的纺织品染色工业的需要，而不是着眼于小小的艺术家颜料市场。马尔斯色料（合成氧化铁）之所以能造出来，就是因为能够获得成本低廉的硫酸，后者主要是作为纺织品漂白剂生产的。被称为“专利黄”的色料是苏打工业的一个分支，铬黄的生产则是由于在棉布印花中的应用而得到激励。纺织品染色也使人们能够更好地理解金属在染料固着（媒染）方面的用途，从而推动了19世纪早期“色淀”颜料制备水平的提升。作为20世纪几乎随处可见的白色色料，二氧化钛几乎完全是作为商业涂料生产的，转化为艺术家材料的数量微乎其微。

不仅看到艺术的历史，而且看到一种反映出这些关联的艺术，会不会令人兴奋？颜料生产的商业方面的确影响了20世纪的部分艺术家。但是，作为技巧和创造力的产物，同时作为极优雅而又华丽的物质，未经修饰的色料难道不已经是艺术品了？英裔印度艺术家阿尼什·卡普尔认为是（彩图1.1），伊夫·克莱因也这么认为。

人们通常声称，艺术和科学之间的互动是单向的；但化学和艺术之间的关系却是互惠的。现代化学制品工业主要就是由对颜色的需求促发和孕育的。合成化学在19世纪取得的重要进步，就是由对人造颜料的需求激励的。世界上许多大型化学制品公司，如巴斯夫、拜耳、赫斯特、汽巴——嘉基，都是以生产合成染料起家的。摄影和印刷中对美术作品和色彩的复制，则造就了施乐和柯达这类大型技术公司。

与此同时，由克莱因和亚当所体现的艺术和化学之间的合作也有大量先例。迈克尔·法拉第在色料方面为J. M. W. 透纳提过建议。20世纪20年代，德国诺贝尔化学奖得主威廉·奥斯特瓦尔德与德国颜料行业有过合作，他的色彩理论在克利和康定斯基任教的包豪斯受到热议。在更遥远的时代，画家还与炼金术士联手获取颜料。在这段关于科学、技术、文化和社会的历史中，没有鸡生蛋或蛋生鸡的顺序问题。化学方面的科学和技术以及颜色在艺术中的应用一直以共生的方式存在着，此种关系决定了它们在整个历史上的发展过程。与通常只从一边看问题相比，回望它们共同的演进历程，我们就既能看出艺术其实更是一门科学，又能看出科学也更是一种艺术。[17]

对色彩的恐惧和厌恶

伊夫·克莱因鼓励我们深入体会原始色彩之美。这与我们所受的训练背道而驰。什么是明亮的着色？是孩子们的玩具，是奥兹国[18]。因此，色彩对我们来说有衰退的危险，还有幼稚病的危险。文化理论家朱莉娅·克里斯蒂娃认为："色彩方面的体验构成了对'自我'的一种威胁……色彩意味着统一性的破碎。"[19]其他还有什么会着色？庸俗的事物，粗俗的人。色彩表达的是强烈的情感，甚至像语言一样，同时也表现着情欲。普林尼心怀恐惧地把强烈的色彩视为一种堕落的东方主义，像他这样的人不在少数。勒·柯布西耶断言，色彩"适用于头脑简单的种族、农民和野人"。不用说，在他的"东方之旅"中，他一定遇见了很多这样的人，而且深感厌恶："多么光亮的丝绸，多么奇巧、瑰丽的大理石，多么充裕的青铜和黄金……我们来做个了断吧……是时候发起征讨了，为了石灰水和第欧根尼。"[20]——也就是说，是出于冷静的考虑，超越了所有这些不恰当的激情。

19世纪艺术理论家夏尔·勃朗（名字中有什么含义？[21]）坚称："结构（design）必须保持其对于颜色的优势。否则绘画就会加速走向毁灭：它会在色彩中堕落，正如人类从夏娃身上堕落。"[22]这里提出了不信任色彩的另一个原因：它是女性化的。当代艺术家大卫·巴彻勒声称，对色彩的恐惧，即恐色症，在西方文化中普遍存在。[23]伊夫·克莱因则说："人从他那着色的灵魂中被远远地放逐了。"[24]

不过，化学家们与颜色的物质特征关系密切，他们目睹了锰在其不同状态的氧化物中五彩缤纷的壮观变化，也观察过氨性硫酸铜的纯蓝从其碱式沉淀物那晦暗的浅蓝中浮现——或许他们尤其适应并且能够欣赏不含杂质的颜色。奥利弗·萨克斯曾如此回忆化学药品的液态颜色在他的童年时代所产生的诱惑：

> 我爸爸的诊所就开在家里，药房里面有种类齐全的药物、洗剂和酏剂，看起来就像一个老派化学家的微型工场；此外还有一间小实验室，里面有一盏酒精灯，有试管，还有为病人验尿的试剂；那些试剂就像蓝莹莹的费林溶液，一遇尿中的糖就变成黄色。还有樱桃红和金黄的魔力饮剂与兴奋药物，以及五颜六色的搽剂，比如龙胆紫的和孔雀绿的。[25]

对化学家来说，颜色是探究物质成分的丰富线索，如果测量得足够细致，还能够揭示分子结构的细部情况。人的大脑必须具有特殊的禀赋，才能看出深藏于茜素和靛蓝的分子结构中的颜色之美，从对这些染料分子的生硬、粗糙的描述中感受到丰富的色相。意大利化学家兼作家普里莫·莱维提示了颜色和结构之间的这种关系如何加深化学家对色彩的敏感：

> 我发现自己比其他作家掌握的词汇更丰富，对我来说，像“明亮”、“暗沉”、“厚重”、“浅淡”和“蓝色”这样的词在意义上更为广阔也更为具体。对我来说，“蓝色”不仅是天空的蓝，我有五六种蓝色可以调用。[26]

为颜色命名

在充分探究颜色对于艺术家的意义之前，必须弄清我们用颜色本身意指什么。这一点看起来似乎完全没有争议。尽管古老的唯我主义会说，我永远不知道自己所体验的“红色”与你体验到的是否相同，我们还是一致同意，“红色”这个词什么时候用合适、什么时候用不合适。但是，在大多数当代语言中还有大把大把描述颜色的“次级”词语，在指代范围上引起了无数争论：紫褐是什么时候变成赤褐、紫红和铁锈红的？这部分地是一个感知心理学问题，但是关于颜色的语言很好地展现了我们对世界形成概念的方式。从语言角度进行的考察，对解释颜色在艺术中的历史应用往往具有核心作用。

普林尼声称，古典时期的希腊画家只用四种颜色：黑色、白色、红色和黄色。他说，这一组高贵而节制的常用色是所有严肃画家的恰当选择。毕竟，那个黄金时代最著名的画家阿佩利斯，不就是有意把自己限定在这一朴素的颜色范围内吗？

我们无法验证该说法的准确性，阿佩利斯所有的作品都遗失了，他身处的那个文化所孕育出的几乎所有其他画作也一同消失了。但我们的确知道，希腊人所拥有的色料，要远比以上四种丰富。至于罗马人，从庞贝古城的废墟中，已经确认了至少29种色料。对于阿佩利斯的调色板之精简，普林尼是否夸大其词了？如果是，原因何在？部分原因可能是形而上学的：四种“原色”规则地对应着亚里士多德的四元素——土、气、火、水。不过，古典时期画作中颜色应用的广度也可能因为语言的原因被掩盖了。比如，在解释古代那些关于颜色在艺术中的应用的著作时，就很可能混淆红色和绿色。中世纪的sinople一词来自普林尼的sinopis，再往前可以从地理学方面追溯到一种来自黑海边的锡诺普（Sinope）的红色土质色料；至少在15世纪之前，sinople这14个词既可以指红色也可以指绿色。拉丁语中的caeruleum一词词义同样模糊，既可以指黄色也可以指蓝色（其词源是希腊语中的kuanos，在某些语境下指大海的深绿色）。拉丁语中没有表示棕色和灰色的词，但这并不意味着罗马的艺术家们不了解或不使用棕色的土质色料。

为何红色和绿色竟然会被混为一谈？从今人的眼光来看这似乎是荒谬的，毕竟我们的大脑中已经有了艾萨克·牛顿的彩虹光谱及其对应的颜色名称，七条光带严格依序排列。希腊人看到的却是不同的光谱，一端是白色，另一端是黑色，或者更准确地说，一端是亮色，另一端是暗色。所有颜色都位于两个极端之间的标尺上，由亮色和暗色以不同的程度混合而成。黄色离亮色一端较近（由于心理学原因，它看起来是最明亮的颜色）。红色和绿色都被视为中间色，位于亮色和暗色的中间地带，因此在某种意义上它们是对等的。中世纪学者倚重古典时期的希腊文本，从而确保了这一色彩标尺在雅典的神庙成为废墟之后，仍然沿用了数个世纪。在公元10世纪，修道士赫拉克利乌斯仍把所有的颜色归为黑色、白色和“中间色”三类。

蓝色和黄色的混淆可能仅仅是因为语言，追根溯源的话，原因或许在于按提供这些颜色的材料来为颜色命名这种方式。出于一些相当模糊的原因，蓝色和黄色在许多语言和文化中被归为一类，比如在一些斯拉夫语、日本北部的阿伊努语、尼日利亚东部的达萨（Daza）语以及加利福尼亚北部美洲土著梅乔普人（Mechopdo）的语言中。拉丁语中的flavu意指黄色，却是blue、bleu和blau几个词的词根。蓝色位于颜色标尺上的暗色一端，使我们又有了一个理由对它明显被排斥在普林尼的名单之外保持警惕：蓝色被视为黑色的一种变化形式，希腊语中表示这两种颜色的是同一个词。

如此看来，艺术家是把两种色相看成不同的颜色，还是看成同一种颜色的不同形式，主要就是个语言学的问题。凯尔特语中的glas一词表示山间湖的颜色，涵盖的范围从棕绿色直到蓝色。日语中的“青”一词依语境不同，可以指“绿色”、“蓝色”或“暗色”；越南语和朝鲜语也无意将绿色和蓝色区别开来。某些语言只有三到四个表示颜色的词。

既然对基本颜色的观念都依赖于文化，似乎就不可能为讨论颜色的运用建立一个普遍基础。然而在1969年，人类学家布伦特·伯林和保罗·凯试图为这些彼此冲突的大量分类方式理出一个头绪，提出了一种颜色层级（colour hierarchy）观念；根据此种层级，随着一个文化中颜色术语的复杂程度增加，色相也会以一种普遍适用的秩序呈现。他们说，首先出现的是亮色和暗色，或者说白色和黑色之间的区别。澳大利亚土著和新几内亚说杜戈丹尼语（Dugerm Dani）的人只有两个表示颜色的词，这两个词基本上表示的就是这些意思。红色紧随其后被确定为一种特征明显的色相。接下来，绿色和黄色加入其中，可能是绿色在先，也可能是黄色在先。之后加入的是蓝色，逐渐地，更为复杂的二次色和三次色[27]也被纳入：先是棕色，之后（次序不确

定）是紫色、橙色、粉色和灰色。因此，根据伯林和凯的看法，无论哪种语言，都不可能只有表示黑色、白色和绿色，或者只有表示黄色和蓝色的词。他们说，颜色词汇是按照严格的次序展开的。

伯林和凯的这种观点主要是从人类学和语言学的角度，对当代尚未进入技术时代的文化进行的研究，其有效性广受质疑。比如，在菲律宾，一个马来——波利尼西亚语族的民族所说的汉努诺语（Hanunoo）中有四个表示颜色的词："暗色"和"亮色"，我们可以把它们与黑色和白色完全对应；但还有"鲜色"（fresh）和"干色"（dry）（如果它们能够与英语词意思匹配的话）。有人更倾向于把这两种颜色与绿色和红色联系起来，但它们似乎既指色相也指质地。汉努诺语中没有哪个词意思是指"颜色"。

不过，伯林和凯这种轮廓性的体系还是提供了某种基础，让我们可以讨论许多世代以来"颜色"一词所指的意义；似乎我们也很有理由认为，该体系至少是部分正确的。应用这一理论的部分困难在于，它假定存在着"基本"的颜色词语，即那些独立于环境的表示色相的词。即使在复杂的现代语言中，情况也并不总是如此。比如，法语中的brun一词就并不与英语中的brown（棕色）完全对应，在某些情形下它可以被marron或beige取代，在其他情形下它又表示"暗色"而不是某种具体色相。

在伯林和凯所指的意义上，几乎不可能从古希腊找出基本的颜色词语。一些论者由此假定，希腊人对颜色没有什么意识。莫里斯·普拉特瑙尔于1921年声称："颜色在他们的感官中留下的印象远不够生动……或者……他们对分解开的且部分被吸收的光在性质上的区别基本没有兴趣。"[28]1968年，色彩工艺学家哈罗德·奥斯本重述了这一点，声称古希腊人"不习惯对色相做细致区分"。

不过，没有理由假定我们区分颜色的能力取决于颜色词汇的结构。我们能够把无法命名的色相区分开来——事实上，任何语言都没有对能够识别的大量色相逐一命名。所以不妨换一个结论：对于古希腊人来说，"颜色"的意义略有不同［虽然他们的chroma（也作chroia）一词通常被译为"颜色"］。既然他们的各种颜色位于亮色和暗色之间的标尺上，鲜明度（brilliance）或光泽度（lustre）就可以和色相一起，成为有效的区别特征。普拉特瑙尔提出，"能够吸引古希腊人注意力的是光泽或表面效果，而不是我们所称的颜色或色泽（tint）"；这种说法可能失之简单，但或许说到了点子上。他指出，在希腊文献中，形容变暗的血和形容乌云的是同一个词，形容金属的光芒和形容树的也是同一个词。这样或许就能解释荷马在《奥德赛》中那个令人困惑的著名比喻："像酒一样暗"的海（oinopos）。维特

根斯坦在《关于颜色的评论》（Remarks on Colour）中表达了同样的看法："亮黑和暗黑难道不可能有不同的颜色名称？"（在20世纪60年代的黑色单彩画系列中，美国极少主义艺术家阿德·莱因哈特就把这两种黑色作为实际上不同的颜色来使用。）

古希腊人当然有表示颜色的词语，但没有任何一个明显是"基本的"。"红色"大致对应于eruthos（两者有语源上的关联），不过并没有充足的理由认为该词比phoinikous或porphurous更为重要，就像没有理由认为红色比猩红或绯红更重要。类似地，依情形的不同，绿色可以分别表示为chloros、prasinos或poödes。

语言学家约翰·莱昂斯提出，最稳妥的结论是仅仅认定，颜色"是语言在文化的影响下得出的产物"。鉴于表示颜色的术语变幻不定，人们在讨论艺术家对颜色的运用时，往往以材料，而不是关于色相的抽象概念为基础。普林尼的四种古典时期的颜色并不单纯是"黑色""白色"等，而是"来自米洛斯的白色"和"来自黑海边的锡诺普的红色"——它们是以特定的色料来体现的。若没有确定的理论作为分类基础，谈论颜色时就需要植根于提供它们的有形物质。但这不过是为出现新的歧义创造了可能，因为物质本身可能会转变成表示颜色的词语。比如，猩红就曾指中世纪的一种染了色的布，这种布可能完全不是红色的。

真实的颜色

人们往往认为，是现代派和抽象派画家首先自觉地下定决心，不只要画出"眼中所见"。然而，对文艺复兴或巴洛克时期任何一幅画作轻轻地一瞥便可看出，这样的作品是如此地既遵循着某些传统，又受到想象和阐释的指引，而不是在尽可能忠实地描绘自然。世世代代以来，许多艺术家都谈论过"忠于自然"地作画，但此种说法有多重含义，摄影的出现只不过激发我们挑出了其中的一种。

例如，一直到19世纪晚期，至少从以下这一点来看，用颜色来描摹自然还不得不依赖于技巧：几乎所有的画作都在画室内完成，靠的是画家对"恰当"的构图和对比的把握。要到室外完工成品（与作为参考依据的习作相对）的画法由法国现实主义画家开创，并随后由印象派画家继承，艺术家们才开始把自己从学院派的明暗概念中解放出来，看出阴影区的紫色和蓝色，以及"白色"阳光中的黄色和橙色。

不过，我们不妨接受一个看法，即从古代到抽象派出现这个时段的西方艺术，一直想以一种主要是具象的方式来描绘自然的各种形式。那么，是否可以由此想见，艺术家们就在追求用充足的色料来准确地传达自己的视觉印象？呃，事实要是这么简单就好了！既然（如古人所认为的）世界单靠娴熟的素描技巧就可以得到描绘，色彩难道不就成了冗余的虚饰？亚里士多德说："纵然是最漂亮的颜色，如果只是胡乱地抛洒，也比不上在白色背景上画下一个简单的图案令人悦目。"

更何况，古典时期的艺术并非盲目地模仿，而是以象征为主。普林尼的四色体系与形而上学联系紧密，与大自然的色相则无甚关联；在晴好的天气里，希腊的小山上随处可见该体系所遗漏的颜色——绿色和蓝色。

而且，古希腊人有理想化和智识抽象的倾向，这让他们形成一个观念，即混合的颜色不仅比"纯"天然色料低一等，而且比自然的"真实"颜色低一等。所以，试图将艺术家使用的颜色与大自然的颜色混合在一起，从而使两者相匹配，这样做没有什么意义。古典时期的学者们不赞成此种做法："混合导致冲突。"公元1世纪的普鲁塔克如是说。色料的调和通常被称为"蹂躏"（deflowering），即失去贞操。亚里士多德把混色称为一次"终结"。

不过，对于混色，也有技术上的限制。由于可以获得的颜料并非纯粹的原色，混色就会导致色调减弱，偏向灰色和棕色，因此实际上是一个色度降低的过程。这种不愿将色料混合起来的倾向，或许可以解释古典文献中关于绘画的一些奇怪主张（它们可能很容易就曾被试验推翻过），比如声称红色和绿色可以产生黄色，或者（如亚里士多德所说）任何色料的混合都不会产生蓝紫色或绿色。古希腊的画家们惯于用半透明的颜色为不透明的颜色罩色，但是说到"在调色板上"混色，通常仅限于在制造高光或阴影时对白色或黑色的运用。

认为古代和中世纪的艺术是在试图通过不完善的技术和有限的调色板，以自然主义的方式表现世界，这种看法为何是不正确的？对于能够获得的颜色范围自我施加的限制，只是其中一个原因。如恩斯特·贡布里希所说，"中世纪的画家们不关心事物的'实际'颜色，就像他们不关心事物的实际形状一样"。中世纪早期的画家对于比例的理解没有困难，他们只是认为比例没有那么重要。他们是典型的无名修士，其任务就是画出福音书中的故事，表达信仰和虔诚。图画是示意性的，甚至是公式化的，是一种用图画写出的文字。到了中世纪晚期，与在神圣罗马帝国疆域内的所有方面一样，寻求美感和展示财富在宗教艺术中也变得重要起来，但是这并不要求任何自然主义。相反，人

们开始中意于在平涂、连续的色域，包括朱砂色、群青和金色中，展现最为昂贵而美妙的色料。这些颜色铺陈在画板上，只不过是为了在观看者心中激起钦佩和敬畏。

因此，中世纪对颜色的运用很少是复杂的。表现技巧的地方不在于制造细致的颜色渐变，而在于在场景中和谐地安排好原始色料。这就解释了为何像琴尼诺·琴尼尼这样的中世纪晚期匠人，能够在他的《艺匠手册》（Il Libro dell' Arte，约1390）中，为艺术家不仅提供关于色料和画板的准备或湿壁画和干壁画的画法这样的实用建议，而且提供了描绘肉体、衣纹和水的指导方法，似乎绘画只不过是一种机械技艺而已。与之类似的是，莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂在讨论颜色的并置时，几乎像在排列一系列涂了色的木块——在他的情形下是一众仙女的长袍。

> 如果红色位于蓝色和绿色之间，它会以某种方式既提升后两者的美，也提升自身的美。白色能带来愉悦，不仅是放在灰色和黄色之间时，而是几乎能将愉悦感赋予任何颜色。暗色若位于亮色之间，会产生某种高贵感；亮色若放在暗色之间，同样会产生良好的效果。[29]

这个建议暗示着色彩和谐的观念，从文艺复兴到20世纪的艺术理论中，此类观点一再出现。但在阿尔贝蒂那里，问题就成了将某一色域（colour-field）放置在另一色域旁边——这让人想起蒙德里安这样的现代主义画家，而不是威尼斯古代大师们的那些调和和对比的色相。不仅如此，阿尔贝蒂还对纯净色料的完整性表现出持续的关注——关注原始颜色的保存，并避免会让这些颜色沾染泥土或使其失去光彩的做法。他建议，高光和阴影应该只通过增加白色和黑色来实现，而且要极为克制，以免颜色的优点退化：

> 那些滥用白色且乱用黑色的画家应该受到严厉谴责。如果白色和黑色是用克娄巴特拉溶于醋中的那些珍珠做的就好了，这样画家们用起来就会尽可能节约，因为此时他们的作品会更令人愉悦，同时也更真实。[30]

这里，“真实”是指忠实于材料的光彩，而不是捕捉自然在人的眼前展现的东西。尽管如此，阿尔贝蒂关于颜色的评论更多反映的是文艺复兴时期的人文主义，而不是中世纪的象征性物质主义（symbolic materialism）。他的书只关心世俗题材的画作，而琴尼诺却多次提及宗教作品，就像一个工匠描述如何在建造教堂时摆放砖块。对阿尔贝蒂来说，运用最精致的颜色不是为了取悦上帝，而是为了使赞助人满意，毕竟画是受赞助人委托而绘制的，而且十有八九也以契约的方式

规定了要用到的色料。

跃入虚空

在阿尔贝蒂对颜色的讨论中，其核心是所有画家在中世纪的规定性方法被摒弃之后都要解决的一个问题：如何组织颜色。20世纪的艺术家们面对的是相同的问题，虽然规则已经大大改变了。文艺复兴时期的画家们虽然在如何画这一点上莫衷一是，在画什么方面却少有分歧。而到了20世纪早期，画家们先是放弃了“自然主义”的着色方式，随即又抛弃了自然主义的形式。

接下来的问题类似于同时代的无调性音乐作曲家们所遇到的：

如果树可以是蓝色，天空可以是粉红色，人脸可以是黄色，那么究竟应该如何选择颜色？没有“自然”的参照——具有音乐般和谐的数学规则，或者大自然的色相——如何能够避免这种多样的选择可能带来的不连贯性？怎样才是“真实”地配置颜色的恰当的组织方式？

阿诺德·勋伯格从序列主义，即十二音作曲法中找到了音乐上的答案。但是，现代着色家并没有得出如此普遍的结论。瓦西里·康定斯基（1866—1944）几乎是怀着恐惧承认，抽象派艺术家有义务发现指导性原则：“那是所有类型问题的一个可怕深渊，大量的责任显示在我面前。最重要的是，用什么来替代遗失的目标？”[31]他的答案非常私人化，也很主观。他觉得颜色具有象征性的和精神上的隐含意义。这种看法似乎受到一个事实的深刻影响：康定斯基体会过联觉（synaesthesia），在这种感知状态下，同一种刺激因素会同时引起两种感官知觉。这种情况最常见地显示为“色——听”联觉：将特定的颜色与音色或音高知觉相关联。作曲家亚历山大·斯克里亚宾也受到过同样状态的影响：他听出C大调是红色，D大调是黄色，于是用颜色为“色光键盘”（clavier à lumière）谱曲。

康定斯基深受神智学（Theosophy）的影响，这是一种精神哲学，来自沃尔夫冈·冯·歌德对世界过于简单的极化划分。荷兰画家皮特·蒙德里安（1872—1944）也深受神智学吸引，他努力将原色的长方形排放在沉重的黑色网格上，引发了一种数学上的焦虑。他是神智学家M. H. J. 苏恩梅克尔的支持者，后者声称，除三原色之外的其他所有颜色都是多余的；蒙德里安由此得出了自己对颜色问题的独特回答。

神智学的教条分类反映于康定斯基的一个信念，即颜色充当着灵魂的通用语言。当然，颜色的确与我们的情感交谈，但是看起来不是以每个人都一致赞同的方式，不受文化背景的约束。但康定斯基相信，存在着具体的、客观的颜色关联，因此通过对颜色的精心运用，抽象的构图能够激起非常独特的情感反应。这不过就是一个破解密码的问题，或者用更接近于康定斯基风格的比喻来说，就是机械地用颜色来拨动情感的弦：

> 一般来说，颜色直接影响着灵魂。颜色是键盘，眼睛是音槌，灵魂则是有着许多弦的钢琴。艺术家是弹奏的手，有意识地触碰一个又一个琴键，在灵魂中引起震颤。[32]

康定斯基在《论艺术中的精神》（1912）一书中解释了他的有色语言，在此我们可以看到这样的主张：

> 黄色是典型的土质色，不可能有什么深刻的意义。与蓝色混合后，黄色就会变成一种病态的颜色……朱砂色是给人锐利感的红色，就像可以用水冷却的灼热钢铁……橙色像一个对自己的力量充满信心的人……蓝紫色……则相当悲伤而痛苦。[33]

他试图通过在德国的包豪斯艺术与设计学校进行的“科学”试验，来确立颜色的这些“意义”。他向“社区内具有代表性的各色人物”发放了一千张测试卡片，受访者被要求在卡片上将三原色与三种几何图形，即正方形、圆形和三角形相匹配。部分人一致认为三角形是黄色，但对于蓝色属于正方形还是圆形存在分歧。

颜色和音乐之间的关联并不是联觉所独有的，而是自古希腊时期以来就被感知到了。康定斯基本人就同时是一位小提琴手和大提琴手，他与勋伯格合作，希望能发现一种将“不和谐音”纳入现存的“和谐”体系的方法，从而将颜色组织起来。康定斯基觉得艺术品应该有一种交响乐的结构，他的“颜色音乐”作品通常被视为堪称最早的真正抽象的画作，不涉及任何可以识别的对象（彩图1.2）。

与颜色语言学的纠缠混乱一样，康定斯基对于颜色的情感语言的徒劳探索提醒我们，对颜色过于教条是无用的。对于颜色的“意义”是什么，以及如何“真实”地运用它们，不可能形成共识。色彩理论——后面我们会遇到许多——有助于确立好的艺术，但并不界定这样的艺术。归根结底，现代艺术家为颜色寻找形式的努力只是一种个体的追求。对于布里奇特·赖利来说，正是这一点使颜色成为艺术表达的一个如此有力的媒介：

……正因为没有指导原则，没有色彩绘画传统能够牢固确立于其上的坚定的观念基础，每一种个体的艺术敏感性都有机会发现独特的表达方式。[34]

第二章 撷取彩虹——关于颜色的物理学和化学

没有颜色这种东西，只有带颜色的材料。

——让·杜布菲（1973）

无机自然只有颜色这种语言。仅通过颜色，一块石头就能告诉我们它是蓝宝石还是绿宝石。

——夏尔·勃朗，《绘画艺术基本原理》（Grammar of Painting and Engraving，1867）

颜料到底是什么？有色的泥土罢了。

——菲利普·古斯顿

在艺术和科学之间的激烈竞争中，艾萨克·牛顿的"解析彩虹"（unweaving the rainbow）流传甚广。因此，在《拉米娅》（Lamia，1819）中，约翰·济慈通过诗歌悲叹了科学知识对世上的神秘和奇迹的（他所理解的）不利影响。然而，在牛顿阐明其色序后很久，这道亮弧的丝线在艺术中仍然相互缠绕。像歌德这样的反牛顿者会逆着自然来重新安排颜色，一点也不令人惊讶；但是，如我们所知，即使像约翰·康斯太勃尔这般敏锐的自然观察者，也弄错了霓的顺序（色序颠倒了）。前拉斐尔派艺术家约翰·埃弗里特·米莱斯在《盲女》（Blind Girl，1856）中也犯了同样的错误，经指出后不得不匆忙更正。

牛顿的成就绝不在于证明日光是由彩虹中各不相同的多种色相所织成的。长期以来，在很大程度上，那已经由阳光穿过玻璃时从中获取的光谱清楚表明了。表明阳光如何在潮湿空气中的小水滴内部折射而聚焦成环形光带的，也不是牛顿：勒内·笛卡尔已经在1637年解释了彩虹形成的基本原理。但是牛顿确认出彩虹中那些必不可少的颜

色，并表明它们是以略有差异的角度折射的，从而为笛卡尔的白弧赋予了颜色。在1665年或1666年进行的“判决性实验”（experimentum crucis）中，牛顿推断“光本身是各种可折射的光线的混杂”，并表明这些光线在暗室中通过棱镜被分解后，变成了无法由第二道棱镜进一步分开的“非混合色”。通过一道透镜，它们又混合成一束白光。

科学家们热切地称颂牛顿的简化法，艺术家们则急切地加以谴责，双方都忽视了牛顿实验中那强韧的神秘丝线——今天，当数个世纪的时光透镜让我们得以将科学与魔术分离开后，这样的丝线就显得反常了。不过，与那个时代的普遍精神相当契合的是，牛顿认为，纯粹为了确立一种与音乐和谐观念的协调性而从棱镜光谱中识别出七个任意细部，是妥当的：

> 多种光线形成多重大幅度的振动，以自身的亮度激起对多重颜色的知觉，难道不就像空气的振动以多重大幅度激起对多种声音的知觉？[35]

因此，在牛顿的彩虹获得靛蓝和蓝紫的地方，我斗胆认为任何人看到的只是由蓝色加深形成的紫色。

颜色就是从这道彩虹上撷取的。牛顿所做的音乐类比在任何具体意义上都会形成误导，但作为一个比喻却相当有用。物质会在颜色的标尺中，对着许多不同的音符与和弦嗡嗡吟唱。如果共鸣是在阳光这样的白色“声响”的强光中发出的，这些音符就会从多种音高的刺激中被吸引，在回声中落入寂静。我们所看到的颜色，是材料吸收了自己独有的谐音后残余的东西。红色浆果对着绿色和蓝色的曲调吟唱，黄色花朵则对着蓝色和红色的旋律吟唱。

就关于颜色的科学理论的价值，艺术家们已经表达了多种意见。有些人看不出有什么必要从科学的角度来理解颜色。法国学院派艺术家让——乔治·维贝尔的《绘画的科学》（The Science of Painting，1891）一书，尽管取了这样的书名，仍然对19世纪那些声称发现了颜色“真相”的科学家们大加嘲讽。维贝尔说，委罗内塞、鲁本斯和德拉克洛瓦比任何科学家都更有资格就颜色问题给艺术提供指导，因为“通过颜色，他们创造了一种与灵魂对话的语言，使情感和生活实现了沟通”。

我认为维贝尔或许是对的。德拉克洛瓦对他那个时代的色彩理论表示过兴趣，但是古代大师们通过对颜色的直观感受创造了他们的奇迹，这种直观感受是牛顿的那些发现所未曾触及的。后印象派画家乔治·修拉和保罗·西涅克渴望在绘画中完全科学地运用颜色，但结果连

西涅克自己也承认，所完成的作品可能是“昏暗而无趣的”。画家能从关于有效运用颜色的某些教导中获益，但这就等于是在获取一些不需要以牢固的颜色物理学理论知识为基础的经验法则。实际上，印象派画家基于深入了解、经过深思熟虑所用的那些花招，在文艺复兴时期艺术家们的某些作品中也能找到，后者凭借经验得出了相同的结论。保罗·克利说，试图根据颜色的科学法则来作画，“意味着抛弃了心灵的财富”。

然而，关于颜色科学的这一章之所以对于后续内容必不可少，有许多原因。在本书中，我们主要关注的是材料，即颜色是如何制成的，而不是科学在艺术中的抽象的、理论的角色；对于铜能产生蓝色和绿色、白色和红色可能得自铅化合物之类的事，我可以任它们保持神秘。不过，只有领会了“原因”，我们才能真正理解将这些颜色带到调色板上的社会和技术因素。更何况，关于颜色混合的一些基本事实，对于画家们如何应用纯粹的、光亮的色料（不论他们是否了解这些色料）有着重要影响。为避免这听起来像是逻各斯在向厄洛斯[36]道歉，我重申我的主张，即到最后两者之间的区别只是一个较为现代的观念。我敢确定，达·芬奇会谴责任何一本声称要谈论颜色，却又不解释颜色的书。

颜色的多种成因

“颜色总是会回应由光组成的那一类或许多类光线，在目前为止能够探究的任何颜色现象中，我总是能够发现这一点。”[37]牛顿使光不像亚里士多德认为的那样是颜色的触发原则，也不像中世纪的思想家感受的那样是颜色的载体，而是颜色本身的媒介；他想引人探究的是：那么，什么是光？

直到又过去了两个世纪，苏格兰物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦才给出了答案。麦克斯韦于19世纪70年代声称，光是一种振动的电磁场，即自足的电场和磁场的一种结合，同步振荡但是彼此垂直相对，像系在一根木杆上、分别向垂直方向和水平方向摇摆的两根绳子。振动的频率决定着光的颜色，从可见光谱的红色一端到蓝色一端，频率逐渐增加。比红色光频率更低的电磁辐射叫红外线，频率再低一些的则是微波和无线电波。蓝色和蓝紫色以外的高频对应于紫外线，接下来又对应于X射线和伽马射线。

振动的波长则与频率反向相关：频率增加，波长变短。频率和波

长是牛顿的“多重大幅度振动”在现代的一对关联物。

20世纪初，这一理论图景得到了修正，当时人们认识到，在量子理论众所周知的反常特征下，光并不只是波，同时也是粒子。光以包或“量子”的形式出现，每个包或量子所含的能量与频率成正比。这些光的量子被称为光子。阿尔伯特·爱因斯坦于1905年提出了这个异端概念，随后凭借它获得了诺贝尔奖。

物质的颜色可能由对光的吸收产生，这种现象由材料的共振频率决定。你可以想象一根未受阻的钢琴琴弦与一个吟唱出的音符共同和谐发声；同样，物质也与阳光一起嗡嗡作响。共振吸收了光在这个频率上的能量，因此从光谱里拿走了特定的颜色。那些与材料的某种共振频率不一致的光线，要么正好通过了材料（材料是透明或者半透明的），要么被反射回来（材料不透明）。只有这些“遭到拒绝”的光线，才到达了我们的眼睛。因此颇为矛盾的是，正是基于材料的频率，即它们在可见光谱中的位置，我们才归给它们一种颜色。

为了吸收可见光，在这些共振中有电子云环绕着微小、密集的原子核，就像蜜蜂云集于蜂巢四周。光如果能把电子从一种能量状态提升到另一种，就有可能被吸收，正如钢琴琴弦如果在声波的带动下形成共振，其能量就会增加。电子的能量受量子物理学原理支配，像汽车换挡那样是一步一步增加的，因此，只有某些频率的光线拥有恰当的能量来推动这些引出颜色的“电子跃迁”过程。

并非所有的颜色都是以这种方式产生的。例如彩虹那色彩斑斓的弧，就不是雨滴吸收光的结果，而是由于折射：不同波长的光线以不同的角度弯曲（图2.1）。这是光散射的一个例子，也是产生颜色的一个主要物理途径。与此相对，光的吸收则依赖于物质的化学成分。

在光进入雨滴时，光线发生弯曲（产生折射）。弯曲的角度由光的波长决定，波长越短，角度越小。因此，蓝色光比红色光偏转更多，阳光中的各种颜色被拆解开来。每一种颜色从彩虹的弧中略为不同的区域到达人的眼睛。由此，光的散射就能根据波长来分离出各种颜色。天空之所以是蓝色的，是因为相比于红色光，蓝色光经由大气中的分子和灰尘而得到更强的散射，看起来像是来自四面八方。远山呈蓝色也是相同的道理：反射光在到达人眼之前被各个方向的蓝色强化了。（在艺术上，按达·芬奇的说法，对远处风景涂以蓝色被称为空气透视。）随着太阳在天空中西沉，光线在到达观察者之前要穿越更厚的大气，光的蓝色成分有可能被强烈散射，到达不了人的眼睛。歌德对此有过模糊的暗示：“太阳最终即将落山的时候……它的光线在浓厚的水汽中大为缓和，开始在我周围的整个场景中散布最为美丽的

红色。”[38]

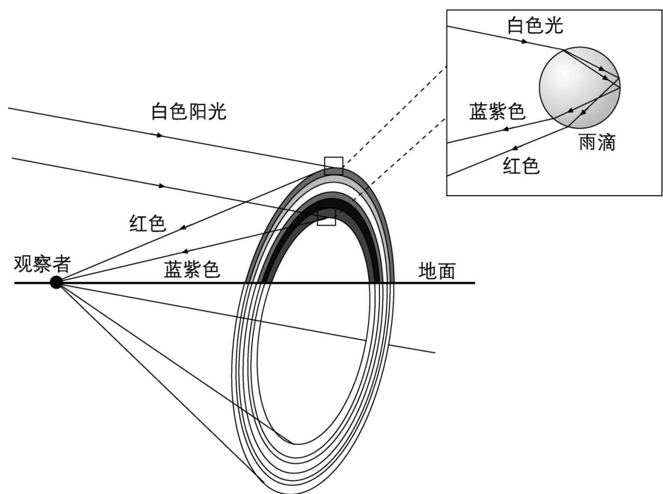


图2.1 彩虹的形成。不同波长的光在雨滴中以不同的角度折射，于是白色光束被分离成构成它们的光谱成分。

天然色素通过吸收光获得它们的颜色。但是，大自然中的某些颜色却来自物理的散射过程。尤其是，脊椎动物身上都没有蓝色素：它们的蓝色斑点是由光的散射产生的。蝴蝶翅膀上的蓝色是由每个鳞片的脊状微结构产生的（图2.2）。这些脊状突起互有间隔，能引起蓝色光的优先散射。这种散射以及由此形成的色相，在一定程度上依反射的角度（也可以说是观察的角度）而有所不同，因此其色彩光辉夺目，似乎随着翅膀的扇动而闪烁、变化。蓝色的昆虫表皮以及孔雀尾部万花筒般的色彩也是如此：孔雀的羽毛上有黑色条纹组成的小网格，这些小网格像蝴蝶翅膀鳞片上的脊状突起那样散射着光。这些羽毛一如彩虹般的色彩变化长久以来让艺术家们着迷。公元7世纪的一位拜占庭作家问道：

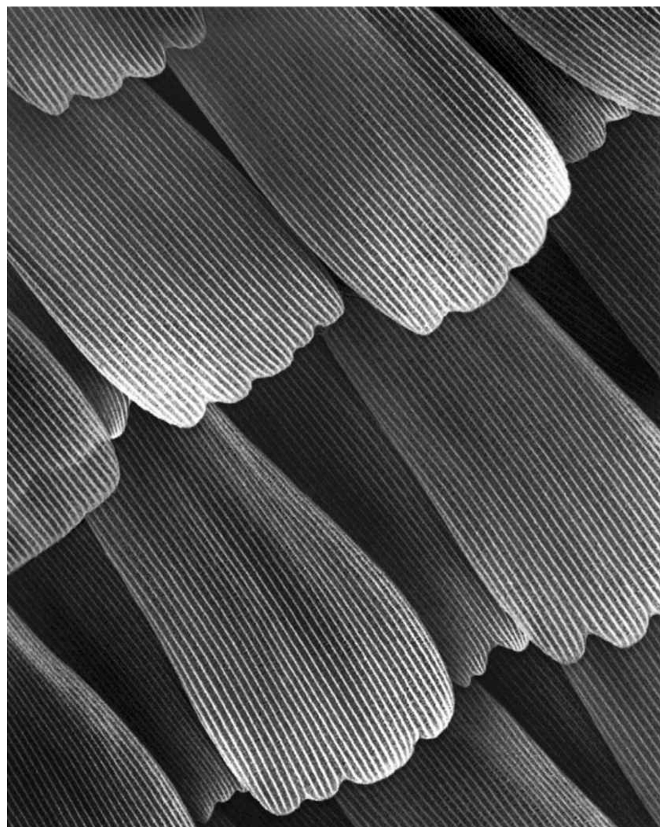


图2.2 蝴蝶翅膀上光辉夺目的蓝色和绿色，是由鳞片上微小的脊状突起对光的散射形成的。

那些看到孔雀的人，看到金色与宝石蓝交织，看到紫色与翡翠绿的羽毛，看到许多样式的色彩组合全部混合在一起但并不彼此混淆，谁又能不感到惊奇？[39]

亚历山大·蒲柏《鬈发遇劫记》（The Rape of the Lock）中的空气精灵，明显地与昆虫们同样拥有由光的散射形成的夺目景象：

新的转瞬即逝的颜色抛下了每一个光束，

它们每次扇动翅膀，色彩就变化一番。

当散射对象的体积与辐射波长相当时，光的散射强度最大。云中水滴有恰当的尺寸来散射所有可见光，在天空中产生乳白色的波涛。玻璃绒和毛玻璃与窗玻璃构造相同，出于同样的原因呈现为白色且不

透明。碾碎的彩色玻璃若继续被研磨，就会变白：更小的颗粒有更大的总表面积来进行散射，于是散射（对可见范围中的波长不加选择）就比吸收（选取特定的波长）更有优势。这就解释了为何研磨有色粉末可以改变其色相——中世纪的艺术家们利用了这一现象，通过研磨程度来控制色料的色度。

来自泥土的颜料

在“现代”合成色料于19世纪出现之前，许多艺术家以细致研磨的矿物为颜料，这些矿物即从地下挖出的包含金属元素的化合物。它们的颜色通常取决于所包含的金属原子的属性；许多新的合成颜料情形大抵也是如此，其中铬、钴和镉化合物表现得尤其明显。色彩鲜明的矿物通常含有所谓的过渡金属，在化学界为元素所绘的群像，也就是元素周期表中，这些金属占据着核心位置。

古代和中世纪的学者们曾努力想为亚里士多德的四“元素”赋予特定的颜色，然而这不过是徒劳的游戏。现在我们知道，一种元素的颜色取决于它所处的环境。不过，还是有某些元素反复显示出相同的颜色特征。让一位化学家为那些最常见的过渡金属指定颜色，他或她立即就能心领神会。铁是红色的，在血液和铁锈中，在石器时代以来的画家们涂抹的红赭石中，都有着夺目的红色。铜为自己选定的是与铜这种矿物相近的绿松石色，这一点从老化的铜器上微绿的铜锈中便可窥见一斑。富丽的深蓝色让人想到钴，镍是海绿色；铬则让人有些拿不准，它是元素中的变色龙，并以此著称。

这些颜色特征并非一成不变，比如，铜可以形成锈红色的盐，铁会呈现绿色和黄色，甚至发出普鲁士蓝的深色光泽。不过话说回来，这些金属在不同颜色间的变化绝不是随意的。原因何在？

在结晶矿物和盐这样的无机化合物中，金属原子是离子，它们缺少电子，因而带正电荷。周围的非金属元素，如氧、氯、硫等，则以所带的负电荷对其加以补偿。这些离子在晶体中像水果店橱窗中展示的苹果和橘子那样整齐地排列着，但是在排法上更有创意。相反的电荷之间的电引力像强力胶水一般，把整个离子群聚合在一起。离子晶体作为一个整体相当结实，艺术家在工坊中研磨它们时可没少流汗。

过渡金属之所以能生成颜色，是因为它们的离子容易实现电子跃迁，这种跃迁的共振频率处于可见光的范围之内。但推动这种跃迁所

需的精确波长，取决于金属离子所处的原子层面的环境。周围离子结合起来所形成的电场，即所谓晶体场，限定着电子作用于金属离子的能量。金属离子的这些邻居们，不仅是化学成分，就连它们的几何排列都很重要。因此，单一的金属离子并不是只传递一种特定的颜色，关键要看在晶体中和它一起组成化合物的其他化学组分及其排列方式。

有时一种物质和另一种物质之间晶体场的变化，只给金属离子吸收光的频率带来很小的差别。比如，铜离子通常吸收光谱中的红色部分，于是铜盐显出偏蓝的绿色，但具体有多蓝或多绿，则要看其他离子的化学属性。另一些情形下，晶体场的不同则会引起颜色的显著变化。铬杂质可以为各种宝石着色：在红宝石中它们是深红色，在绿宝石中则是海绿色，因为绿宝石中的晶体场比红宝石中强得多。红宝石和蓝宝石的基质材料氧化铝，又称刚玉，其中若掺入铁和钛，则变成蓝色蓝宝石。

矿物的化学成分和结构在加热后可能会发生改变，从而导致颜色的变化。蓝色的硫酸铜若进行加热以从晶格中逐出水分子，则会变成近乎白色。一种名为白铅的色料，加热后先是变为红色，再变成黄色。白铅是“碱式”碳酸铅，其晶体结构中锁入了水（更准确地说是氢氧离子）。白铅加热后，水和二氧化碳（由碳酸离子形成）以气体的形式从晶体中排出，留下四氧化三铅这种化合物。这种“铅丹”是一种相当古老的颜料。现在，所有的铅离子都由氧离子环绕，这种不同的环境使它们从光谱的绿色和蓝色部分吸收光子，红色则被反射回去。不过，白铅如果只是轻微加热，则会形成一种不同的化合物，即一氧化铅。它仍然只包含铅离子和氧离子，只不过比例和排列有所不同，因此铅也是在不同的频率上吸收光。这种物质呈黄色，在过去产出过另一种以铅为基础的色料，那时被称为“铅黄”。

在许多金属化合物中，由光吸收引起的电子的重新排列基本上只限于金属离子本身。但在某些情形下，电子位移的幅度更大。铁的标志性红色是由一个电子从氧离子移动到相邻的金属离子上生成的，这就是所谓的电荷转移过程，在我们这个例子中，它降低了铁所带的正电荷。普鲁士蓝这种色料身上也发生着同样的过程，而且呈现得更为详尽。它的晶格中混合着带不同电荷的两种铁离子，其中还散布着氰离子。吸收红色光以后，就可以使电子越过带不同电荷的金属离子之间的氰“桥”。

某些重要矿物色料的颜色，来自在相当长的波长范围内对电子的重新排列：对光的吸收将电子从它们环绕特定离子的轨道中完全解放出来，让它们自由地在固态物质中游动。此时，原来的材料导电性更

强。半导体物质只需要很少的一点额外能量，就能把电子推入这样的游动状态。其中就包括19世纪时被用作色料的硫化镉，它吸收蓝紫色光和蓝色光，根据调制方式的不同，会呈现出从黄到橙不等的颜色。用硒代替部分硫，就能制成色调更深的“镉红”。硫化汞也是一种显示为红色的半导体，辰砂是它的天然矿石。它的一种人工合成的对应物是著名的色料朱砂。朱砂的一个风险在于，构成它的离子能够从通常的位置上被打乱重排到新的位置，形成黑辰砂这种化合物。这种形式既吸收蓝光和绿光，也吸收红光，因此呈现为黑色——如果发生在画布上，结果当然是灾难性的。

在铁、铜、银和金这样的纯金属中，某些电子具有游动的本性，金属之所以导电能力强，原因就在这里。这些游动的电子与光之间的相互作用生出一种反射性的、属于金属的光泽。光没有被吸收，也没怎么散射，而是被反射回去，看起来像是照在镜子上一般。不过，铜和金这样的金属的确吸收了部分照到它们身上的短波（浅蓝色）光线，因此显出淡红色。对于中世纪的艺术家来说，这使纯金箔与红色色料结下了不解之缘。

有机颜料

蔷薇石英从钛或锰杂质中获取颜色，但并没有这样的金属来为蔷薇本身着色。生物的着色剂是有机化合物，即分散的分子，每个分子大约包含数十个原子，以相互连接的碳原子为骨架。直到19世纪，几乎所有的染料都是“天然产物”，也就是说，是从动物或植物身上提取的有机物质。除了用来为织物着色，它们也用于制作各色墨水，并且在固定于不带颜色的无机粉体颗粒时，能够充当所谓“色淀颜料”的着色剂。

罗马帝国所推崇的推罗紫是从贝类动物中获取的，蓝色靛蓝是从一种杂草中得出的泡沫状提取物，茜草红来自一种根茎，胭脂来自一种昆虫。今天，几乎所有染料都是合成的有机分子，它们的碳骨架是由工业化学家们根据要求专门制成的。在古代和中世纪，只有区区十几种天然染料具有足够的稳定性而适于应用，到了今天，已有超过4000种合成染料在我们的工业社会中发挥着色功能。

大自然的绿意盎然要归功于天然色素中最丰富的一种，即叶绿素，它吸收红色和蓝色的太阳光线，将能量导入细胞的生化过程。位于叶绿素分子中心的是镁离子，在阳光的照耀下，镁离子会发生电子

跃迁。血液中血红蛋白分子结合氧气的那部分，与叶绿素捕捉光的眼睛具有类似的分子结构，只不过铁以醒目的红色代替了镁。在合成的蓝色染料单星蓝中，意外地出现了极为相近的结构，点缀着一个铜离子，这种染料在旧版“鹈鹕丛书”封面上的应用我们都很熟悉。[40]约翰·邓恩的话已经不再能反映我们的无知状态：

草是青色，血是红色；

此中神秘，无人窥见。

玫瑰为何是红色、洋水仙为何是黄色也是同一类问题，虽然答案必然涉及不同种类的色素。和胡萝卜、西红柿、甜玉米一样，许多花所显现的黄色、橙色和红色都由类胡萝卜素这种分子产生。被称为类黄酮的植物色素负责产生蓝色、紫色和红色。类胡萝卜素在某些动物身上也能找到。在龙虾身上，这些色素近乎黑色，蒸煮后则降解为红色。

如塞缪尔·巴特勒在讽刺诗《休迪布拉斯》（Hudibras）中怀着自信写36下的：

像一只被煮的龙虾，黎明

从暗黑渐渐转向泛红。

有机色料对光的吸收在根本上与无机矿物所做的并无不同，两者都要对电子进行重新排列。这一过程往往发生在碳骨架上涂布的松软的电子云中。比如，19世纪中期合成的苯胺染料就是这种情况，电子在其中分布为甜甜圈状的电子云，环绕着由六个碳原子组成的“苯环”。

媒介问题

颜色的欺骗性我们从孩提时代起就已领教。从海边水洼里捞起的卵石光彩夺目，但回到家里从袋子里拿出来时则变成了干巴巴的寻常石块。

造成这种变化的原因是，光通过一种传播媒介，比如空气，进入另一种媒介，比如水时，会受到影响。光在水里比在空气中的前进速度慢，这就是为何光线在进入清澈的石潭时会发生弯曲，让我们看错

水深。[41]此种速度上的变化用材料折射率这个量来表示，它决定着光散射的强度：折射率变化越大，散射强度越高。由于光在干卵石的表面从空气进入岩石时，其折射率的变化要大于在卵石潮湿时光从水里进入岩石，更多的光就被散射了，而不是直接反射到我们的眼睛。这就使干卵石比湿卵石看起来更苍白、更像白垩。

不幸的是，同样的效果也会破坏色料可能具有的明亮效果：干粉虽然光鲜，与亚麻籽油这样的黏合剂混合后却会变暗或呈半透明。色料与某种涂料的液体媒介相遇后光亮度的降低让伊夫·克莱因颇为沮丧，也让他开始从化学上寻找一种新的黏合剂，这种黏合剂不会破坏原始色料的鲜亮。15世纪以前，主要的黏合媒介是水（用于湿壁画）、树胶或蛋白（用于手抄本中的彩饰）以及蛋黄（用于画板上的坦培拉绘画）。当艺术家们开始使用折射率更高的油料时，他们发现一些最受珍视的色料不再那么具有美感。群青变暗，朱砂更为透光，白垩色几乎变得透明。其他变化则是向着有利的方向。在油料中，像红色色淀这样的半透明颜色不仅更为透明，而且更趋向暖色，在其他颜色之上以薄层罩色后，会产生丰富的效果。

因此，颜料的色彩不仅取决于色料的颜色，而且取决于液体黏合剂——还取决于它所施用的表面的反光特征和吸光能力、成品表面的肌理，以及颗粒本身的形状和尺寸，更不用说老化效果（这一点将在第十一章探讨）。正因为如此，虽然我主要关注的是经发掘、合成、碾碎、提纯来为颜料赋予色彩的物质，要考察绘画颜料的制造这个主题，却不得不偶尔也研究一下作为整体的颜料技术，包括黏合剂。

光之轮

“……在光线中，［颜色］的本质就是其所具有的将这种或那种运动扩散至感官系统的倾向，在感官系统中，它们是以颜色的形式表现出来的对那些运动的知觉。”[42]牛顿对于我们如何看待颜色的论述有些模糊，这一点或许情有可原，毕竟他在解释颜色的产生过程方面有很大贡献。但是，对牛顿看不上眼的歌德强调颜色并不只是与光有关，却是对的。它还与我们的感知方式有关，这是最微妙的一个方面。

例如，颜色取决于我们寻找它时所处的环境。在某种意义上，我们可以认为叶子拥有的是潜伏的绿色，因为它们包括一种化合物（叶绿素），能从白色光中吸收红色和蓝色。无疑，绿叶并非在所有环境

下都是“绿色”，比如在星光下，或者透过红色滤镜来看。颜色是光照的一种功能。

这一点看起来足够明显，但如果我们和古希腊人一样，把颜色视为一种内在本性，像电点亮灯泡那样只要有光就能被激发，就会引起彻底混乱。这种混乱在亚里士多德关于颜色和光的关系的看法中表现得很明显：

> 物体是在阴影中还是在阳光下，是在强光中还是在柔光中，是以哪种角度被观察的，这些因素都会导致它们显出不同的样子……那些在火光或月光中，以及通过照明用具的光线被观察的物体，由于每种情形下光的不同而有所不同；也会由于不同颜色彼此混合而有所不同，因为在彼此交错时它们被着色了；也因为光照到另一种颜色上时，再次与之混合，便具有了另一种混合色。[43]

换句话说，他主张颜色是一种能对光发生作用的特征。对笛卡尔和牛顿来说，颜色被等同于光本身，而不是被照亮的物体。牛顿的棱镜实验有助于阐明，看起来没有色彩的光内部其实包含着颜色。

19世纪，关注重点再度变化。严格说来，不存在什么色光，只有不同波长的电磁辐射。颜色不过是一个感知问题，是光作用于眼睛和大脑的结果。牛顿对此有一个暗示，他说“光线……没有颜色”。令人惊讶的是，波长的一点小小变化就能让我们感受到色相的大幅度（且不均匀）变化，就像风一减弱、浪一变长，大海就从绿色变成红色。

只是在过去两个世纪人们才真正认识到，与吸光能力这样的可测量的材料特征不同，颜色本身在很大程度上是一个依条件而定的现象。当“颜色”在不同背景下呈现时，我们的视觉系统所玩的那些花招便证明了这一点。

任何人，如果在孩提时代曾经带着儿童那天性与经验的迷人结合39把颜料混合起来，在第一次看到红色光和绿色光混合产生的不是棕色光而是黄色光时，都会感到惊讶。多了解一些，再思考几分，困惑却加深了。黄色光的波长约为580纳米（1纳米为百万分之一毫米），而红色光和绿色光的波长通常约为620纳米和520纳米。莫非后两者以某种方式结合起来，产生了一种不同波长的电磁辐射？完全不是。“黄色性”（yellowness）并不是这种光信号所固有的，而是从我们的感知中产生的。牛顿显然是对的：我们去体验黄色，光线并不一定要“着上”这种色相。

但我们得到的信息是，黄色是一种原色，无法通过混合其他颜色来获得。我们被误导了吗？究竟需要多少种基本颜色就足以混合出所有其他颜色，这些基本颜色包括哪些？长期以来，“不可分解”的原色这一问题在艺术和科学两个领域都是色彩理论家们关注的焦点，从概念和语义方面决定着人对颜色的整个看法。牛顿关于光的实验如果说有什么效果的话，那就是看起来使这个问题变得前所未有地模糊。

绘制颜色空间的地图

从古代起就存在一种观念：颜色和化学物质一样，有一些构成它们的基本成分。对古希腊人来说，颜色空间只有两个大的主要领域，与之严格对应的完全不是“颜色”，而是明与暗。蓝色是暗加上一点明，红色是明和暗各占一半，依此类推。

直到17世纪，三种现代原色，即红色、黄色和蓝色，才得到确立。1601年，意大利一位名叫圭多·安东尼奥·斯卡米廖内的医学教授提出，组成所有其他颜色的大概是五种“简单”色，即白色、黄色、蓝色、红色和黑色。一般认为，化学家罗伯特·波义耳确立了化学元素的现代概念，他在1664年更有权威性地支持了这种“五色说”，声称有了这五种颜色，“熟练的画家就能随心所欲地配色，还能配出远超过我们能叫出名字的许多颜色”。

不过，这些与牛顿彩虹中那些“不可分解”的颜色有何相关？白色阳光显然不止由那三种原色构成，它还包括绿色、橙色以及（如果我们承认牛顿的最后两次细分有些随意）紫色的光。但这三种是二次色，每种都可以由画家从两种原色中混合出来。在彩虹中，绿色规则地落在黄色和蓝色之间，橙色落在黄色和红色之间。而由红色和蓝色混合成的紫色，却以蓝紫色的假象落在蓝色之外，位于与红色相对的一端。这显然是在鼓励我们把光谱连成一个环，一个色轮（彩图2.1）。在《光学》（Opticks，1704）一书中，牛顿正是这么做的，他通过一种“不属于棱镜分色，而是一种偏向红和蓝紫的紫色”的颜色，把红色和蓝紫结合起来。

从物理学角度看，这个色轮完全是人为发明，因为它所表示的光在越过中断处回到红色之前，从红色到蓝紫之间频率是增加的。但色轮将颜色空间组织成赏心悦目的对称形式，原色和二次色在其中交替出现，两者间的混合关系得到了清晰界定。牛顿却不是从这个角度看的：他并没有格外突出我们如今称为原色的色相，他的轮子由七根辐

条组成，每根辐条宽窄不等（图2.3）。后来的色彩理论家们则喜欢强调对称性（图2.4）。

尽管对于细分部分的数量还没有完全达成一致，在19世纪以及20世纪初，色轮还是在色彩理论中成为标志，极少有艺术家不熟悉对他们躬耕的领域所做的这种象征性表示。这些色轮中极为引人注目的一个，是法国理论家兼化学家米歇尔——欧仁·谢弗勒尔在《颜色及其在工艺美术上的应用》（Des couleurs et de leurs applications aux arts industriels，1864）一书中给出的。在这里，从一种颜色到相邻颜色的平滑渐变（彩图2.1）将当时的彩印技术推到极限，印刷商M. 迪容因为这部作品而获得了法国全国工业促进协会的一个奖项。它当之无愧：那时印出的色轮在今天仍一如既往地令人赞叹。

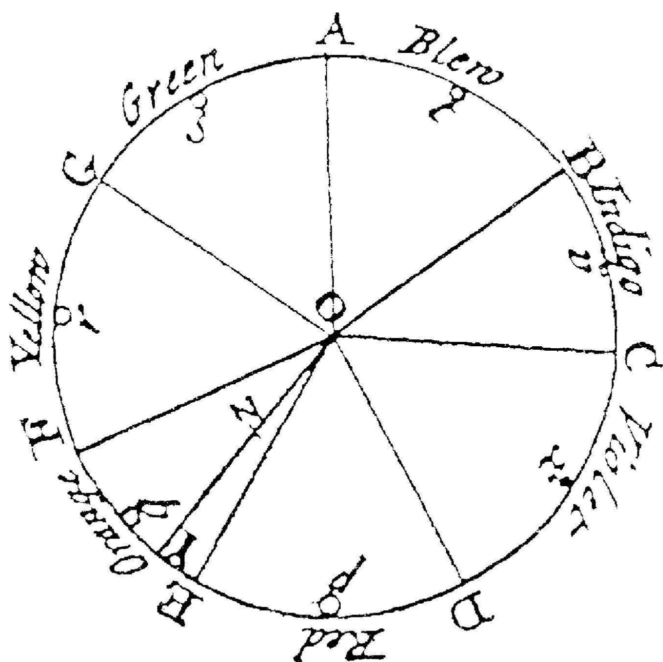


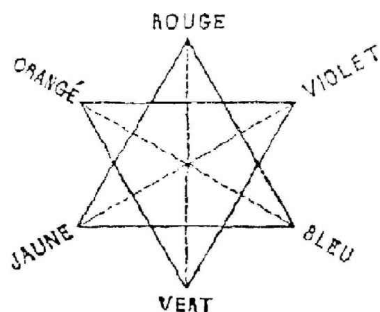
图2.3 艾萨克·牛顿的色轮根据诸色在彩虹中的比例来划分光谱色。

色轮为艺术家们提供了一项组织原则，但并没有帮助我们解决混合色料中的原色与混合光中的原色之间的明显矛盾。在前一种情形中，黄色是原色，绿色是二次色；在后一种情形中，情况正好相反。此外，红色、黄色和蓝色颜料混合起来形成黑色（或接近于黑色），而牛顿声称整个彩虹的色相混合起来形成白色。歌德及其追随者们敏捷地揪住了牛顿理论中的这个明显矛盾。再笨的人也能看出，色料怎么混合都无法获得纯白，也无法获得与纯白有丝毫近似的任何颜色。

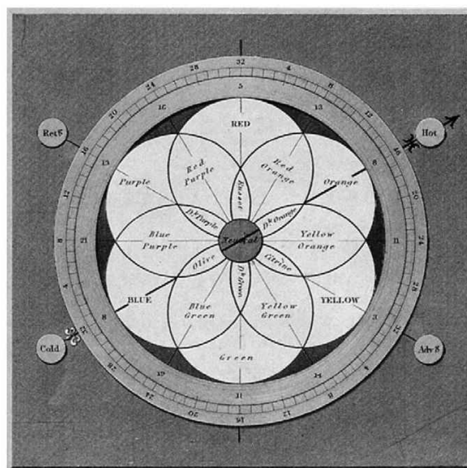
詹姆斯·克拉克·麦克斯韦消除了以上混乱——至少在科学家中消除了：他于1855年表明，要产生几乎任何一种颜色，有三种色光便足够了，即橙红、蓝紫和绿色。（这个三色组合通常简化表示为红色、蓝色和绿色。）

麦克斯韦解释说，光的混合与色料的混合不同。调和不同波长的光线时，我们是在通过添加各种成分来合成颜色，这些成分共同刺激人眼中的视网膜，产生出一种特定的颜色知觉。这被称为加色混合。加色混合不需要用到光线，而是通过迅速改变视野中各种互相分离的颜色来实现。麦克斯韦的最初实验由苏格兰色彩理论家兼室内设计师D. R. 海协助完成，实验中用到了涂着三种加色法原色的旋转圆盘。圆盘由互相锁定并彼此重叠的多个部分组成，使麦克斯韦能够调整比例，直到它们混合成消色差的银灰色。1860年，麦克斯韦发明了一种仪器，让他可以通过以不同比例混合三种不同波长的光线（“红色”“蓝色”和“绿色”），直接由光合成多种多样的颜色。

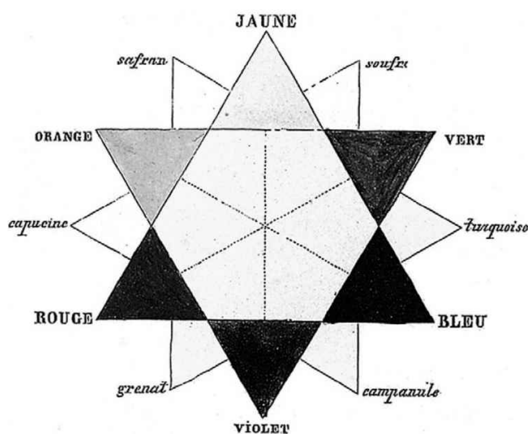
另一方面，色料的混合又从白色光中减去波长。也就是说，色料本身并不是引发颜色知觉的光的源头，而是作用于单独光源的媒介。红色色料能剔除蓝色和绿色光线以及大部分的黄色光线，只有红色光被反射。黄色色料可能会去掉红色、蓝色和大部分绿色光线。因此红色和黄色色料的混合物只反射很小范围内的光线，在此范围内这两种材料的吸收作用都不太强——它位于光谱的橙色部分。每次向混合物中加入一种色料，光谱中就另有相当大的一部分从反射光中被减去，于是，颜色变得更为浑浊、更为暗沉。另一方面，每次向混合物中加入一种光线，更多的光子就被射入新生成的光线，组合而成的光束就变得更为明亮。[44]因此，通过混合色料来产生颜色被称为减色混合。



a



b



c

图2.4 19世纪组织颜色的多种体系，比如奥古斯特·洛热尔《光学与艺术》（L'Optiqueet les arts，1869）中的颜色之星（a），意在支持对称排列以强调原色和二次色的关系以及互补色的并置。乔治·菲尔德《色谱法》（Chromatography，1835）中的色轮（b）和夏尔·勃朗《绘画艺术基本原理》中的色星（c），也为三次色留出了位置。

减色混合不可避免地要影响色料的亮度，因为更多的光照被混合物吸收了。例如，大多数红色和黄色色料不可避免地会吸收一点橙色光，于是从这两种色料的混合物中产生的橙色就不太鲜明——部分橙色光从照亮图像的白色光中丢失了。相反，真正的橙色色料实际上并不从光谱的“橙色”部分吸收光，因而并不受这种缺陷的困扰。这就解释了为何真正的橙色色料可能比红色和黄色的混合物色彩更为鲜明。19世纪色彩工艺学家乔治·菲尔德在《色谱法》一书中解释了这一点，同时提到了混合的化学风险（色料有可能彼此发生反应，见第十一章）：

> 现在，色料越混合，它们的颜色就越败坏，越被稀释，在化学方面越不相容。原始色料，比如不是由两种或两种以上颜色构成的那种，色相更纯，通常也比化合形成的更为耐久……比如镉橙，它天然就是一种橙色色料，而不是由红色和黄色组成，它从化学上来讲优于许多由这些颜色构成的混合物，从艺术上来讲则比所有这类混合物都好。[45]

因此，古代关于颜色混合的禁忌在19世纪仍然相当严格；直到此时，艺术家们连一种优质、纯粹的橙色色料也无法获得，蓝紫色的同样得不到。

受到召唤的颜色

由六个部分组成的色轮抓住了另一组颜色关联，这种关联对艺术家来说至关重要。每一种原色都与由另两种原色构成的二次色处于相对的位置：红色与绿色相对，蓝色与橙色相对，黄色与蓝紫色相对。可以说，这些成对颜色中的每一个，就颜色来说，都包含着另一个所没有的一切。它们彼此互补，就像摄影图像的正片和负片。（这个类比事实上很精确。）

歌德意识到，强烈的色相往往在附近的区域产生出它们的互补色的印象，就像一个形成鲜明对比的光晕。当我们盯着某种颜色看很长一段时间后把目光移开，这时形成的“余像”也是同样的效果。歌德讲述了在一间被夕阳照亮的小酒馆里，他如何把一个皮肤白皙的红衣女孩的余像，看成了一个面色黧黑、身着“漂亮的海绿色”长袍的人。他把这种对立的色彩称作“受到召唤”的颜色，仿佛每一个都需要有另一个来与之互补。

这种说法并非完全首创：18世纪那些曾经论述过余像现象的人中，就包括法国博物学家布封伯爵、色彩理论家摩西·哈里斯，以及科学家约瑟夫·普里斯特利和本杰明·汤普森（拉姆福德伯爵）。但是歌德觉察到，对互补关系的这种知觉是视觉系统的产物，与那个时刻到达人眼的光无关。“每一种明白无误的颜色都对眼睛产生一种暴力，把它推向相反的方向。”他不无正确地提出。出于同样的生理学原因，当一种颜色与其互补色并置时，看起来会更为鲜明：两种颜色彼此强化，在相交的界面产生一种共鸣。这一观点之后将成为19世纪所有偏爱着色的艺术家，尤其是印象派画家思考的核心问题。

某些颜色组合表现出色，这同样不是歌德的发现。此类观点最迟到15世纪就已经普遍流传，莱奥纳多·达·芬奇的敏锐目光让他能够预见到歌德的成对互补色：

> 同样完美的不同颜色，在靠近与其直接相反的颜色时，将显得最为出色。……蓝色在黄色附近，绿色在红色附近：因为每种颜色，当与其相反色对立时，将比与它的任何类似色对立显得更清楚。[46]

心灵的透镜

红色光和绿色光加色混合后得到的黄色，以及红色色料与绿色色料并置时获得的鲜亮，两者都与颜色知觉在人眼中产生的方式相关联。正如歌德正确提示的，对颜色的充分科学的理解既有物理维度，也有生物学维度。麦克斯韦强烈赞同这一说法：“颜色科学必须……在本质上被视为一门精神科学。”

牛顿在《光学》一书中自始至终假定光有一种微粒性：这与他把宇宙看作一系列按他的运动定律相互碰撞的天体是相符的。但是，荷兰物理学家兼天文学家克里斯蒂安·惠更斯于1678年声称，光不是由粒子而是由波组成的，通过无所不在的以太传播。19世纪初，英国科学家托马斯·杨为惠更斯的理论推断出令人信服的证据。（最终，由于量子物理学能够同时支持两种解释，牛顿和惠更斯都被证明是对的。）

杨的兴趣不仅限于物理学，也包括医学。1801年，他把两者结合起来，提出了一种色觉理论。他假定视网膜，即人眼中受光刺激的部分，含有光感应器，通过共振对光线做出反应。这些振动发出一个信

号，从视网膜经视神经传递到大脑。但杨认为，颜色在可见光谱中的无限渐变不可能在视网膜的每一点上都有相对应的无限多的共振器。他留意到，当时被视为原色的三种颜色，也就是红色、黄色和蓝色，可以混合起来产生几乎任何颜色，于是他提出只需三个感受器就足以让眼睛感受到全部范围的颜色：“［视］神经的每一条感光纤维都可能由三部分组成，每个部分对应一种主要颜色。”他设想，色盲是由于眼睛中的三组颜色感受器少了一组。

杨的理论由德国物理学家兼心理学家赫尔曼·冯·亥姆霍兹详加阐释，后者为三种颜色感受器的存在提供了间接证据。麦克斯韦在19世纪60年代关于光的加色混合的研究强有力地支持一个看法，即视网膜可以通过对应着三种原色（即便是加色法原色：红色、蓝色和绿色）的感受器发展出完整的色觉。但是，要再过一百年才有直接的实验来证实这个观点。

人眼中的感光部分，即杨的共振器，分为两个等级，由于形状不同，在显微镜下可以被分辨开来。它们位于视网膜中，处于视神经的数百万根纤维的末端，或者是杆状，或者是锥状（图2.5）。每一个人类视网膜中有1.2亿个杆状细胞和500万个锥状细胞。锥状细胞大多数位于视网膜中的一个凹处，它叫作中央凹（fovea centralis），处于眼睛晶状体的焦点上。这个小小的凹坑中没有杆状细胞，而在视网膜的其他地方，杆状细胞都多于锥状细胞。

杆状细胞和锥状细胞在受到光照时会刺激神经信号。杆状细胞从整个可见光谱中吸收光，对蓝绿色光的吸收最为强烈（也就是说，这种光被吸收的概率最大）。杆状细胞对光的吸收激起一种同步的神经反应，这与光的波长无关。因此杆状细胞并不区分颜色，只区分明与暗。它们极为敏感，被我们用作极为昏暗的照明环境中（如星光下）的主要光感受器。由于它们对蓝绿色光反应最为强烈，反射这些波长的物体（例如树叶）在晚间就比红色物体显得更亮。

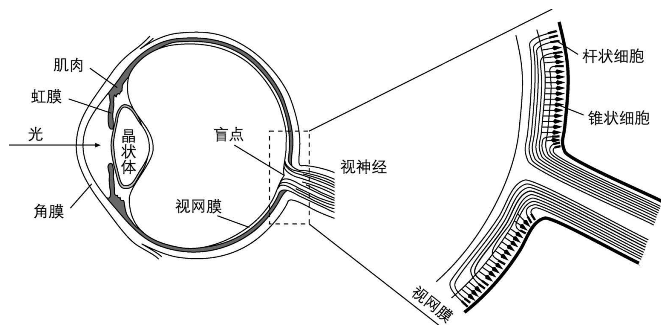


图2.5 人眼的视觉系统，感光杆状细胞和锥状细胞排列在视网膜上。

在明亮的阳光下，对颜色敏感的锥状细胞向大脑提供着视觉信号。在这些情形下，杆状细胞被“漂白”了，即被光浸透，无法吸收光子。只有当亮光消失，杆状细胞才能恢复到初始状态，敏于吸收光子并激起神经冲动。这种恢复耗时数分钟，这就是我们晚上离开灯光明亮的房间后，只能逐渐看清物体的原因。如果我们身处黄昏时分的室外，随着太阳的最后一抹光线消失，夜晚的视觉就得以平缓地接班了。随着暮色渐浓，杆状细胞和锥状细胞之间颜色敏感性的差异导致蓝色/绿色物体被感知的强度相对于红色物体发生变化。该效应于1825年48首先由波希米亚生理学家J. E. 普尔基涅明确提出，虽然艺术家们此前就已注意到它了。[47]

杨关于色觉的假设于20世纪60年代由实验证实，这些实验测定了单个锥状细胞的吸光特征，确认它们分属对颜色具有不同敏感度的三类。感应蓝色光的锥状细胞敏感度最低，这就解释了为何完全饱和的蓝色看起来较为深暗。因此，蓝色之所以与某种黑色不同，作为一种真正的色彩在颜色史上姗姗来迟，完全是由于生物学上的原因。

眼睛对光谱中颜色的整体敏感度是对所有三种锥状细胞的反应的集合，它从红色平稳地上升到黄色，再从黄色平稳地回落到蓝紫色。因此，黄色在人的感知中是最明亮的颜色。彩虹中的黄色光带之所以最为夺目，不是因为它的光更强烈（也就是说，不是因为黄色的光子比其他光子数量更多），而是因为黄色光子从人眼中触发了最大的视觉反应。说来古怪，黄色在许多文化中被视为最没有吸引力的颜色，它的比喻和象征意义往往具有侮辱意味。它通常笼罩着背叛和懦弱的阴影，服装设计师们也承认，黄色衣服极不好卖。黄色在中国很受欢迎（那是帝王的颜色，“黄”“皇”同音），但在西方，最好还是称它为金色。

每一种“被看见”的颜色，都是在视觉系统中由三种类型的锥状细胞施加的联合刺激所构成的。红色基本上刺激的是“红色”锥状细胞。但是，红色光线和绿色光线的混合能够像纯黄色光那样，以相同的比例刺激红色和绿色锥状细胞，其颜色知觉因此也是一致的。如果加入蓝色光，就能看到白色。（三种类型的锥状细胞通常与麦克斯韦的红色、绿色和蓝色三原色相联系，但这不过是便于记忆的粗略关联。它们最强的敏感度事实上分别是在黄色、绿色和蓝紫色中。）

杆状细胞和锥状细胞中散布着数以千计的单独的光感受器，它们被称为感光色素。每个感光色素都是一个单独的蛋白质分子，嵌在细胞膜那层层堆积的褶皱中。所有的感光色素都包含一个吸收光的分子

单位，它叫作视黄醛，其中有“之”字形的、被涂抹的电子云，与植物的类胡萝卜素中的情形非常相似。视黄醛的作用类似于开关。比如，我们站在伊夫·克莱因的蓝色雕塑前，反射的蓝色光包围着我们。一个对蓝色敏感的感光色素吸收一个蓝色光的光子，作为回应，它的视黄醛单位的形状由扭结变为平直。这就使感光色素能将一系列分子事件整理出关联，这些事件在锥状细胞所附着的神经中造成了电脉冲的变化。大脑视觉皮层中的某个区域苏醒，我们便记录下“蓝色”。从那里去向何处，则是我们自己的事了。

测量颜色

自牛顿以来，色轮已经转过了长长的一段路程。它在当代最为常见的化身看起来不那么令人愉悦，提供的信息却丰富得多：那是由国际照明委员会（CIE）绘制的一份色品图（彩图2.2），被古板地称为CIE色品曲线。牛顿光谱的“纯粹”波长位于舌形的边缘地带，位于此地带之内的颜色是由这些光线的各种加色混合形成的。连接边缘上的两点可得到一条线，任何位于这条线上的颜色，都可以由这些光谱颜色混合而成。如果线穿过中心的白色区域，两种边缘地带的颜色就可以混合成白色。因此，白色光可以单由蓝色和黄色生成（就像在黑白电视机屏幕上那样），而不是由红色和绿色生成。

色轮中红色和蓝紫色的人为联合，由“舌头”的平坦底部突显出来——如牛顿所承认的，即使对彩虹各条光带进行最细致的拆解，也不会发现沿着这个底部分布的颜色。

CIE的色品图虽然壮观，却没有展示所有的颜色。棕色在哪？粉红色在哪？色彩空间显然比色轮所能容纳的要宽敞得多。

一种有色材料的区别特征，并不在于它的色相离红色区域是否比离蓝色区域或任何其他区域更近，而在于它的全部光谱成分：它如何在可见光谱连续区中吸收并反射光。因此，颜色最具识别能力的标志就是一条左右摇摆的线，它随着波长的变化追踪着反射光的强度变化。[48]“纯”白色（虽然不是来自阳光）的识别标志是一条直线：所有波长都被充分反射。黑色也是一条直线，但强度不是“满”，而是零：每一种波长都被取消了。灰色呢？它有时与黑色、白色一起被归为听来矛盾的“无彩色颜色”——我们可以说灰色本身没有“色彩”，但也不只是亮和暗之间的一个中间色。灰色就是当所有波长从白色光中部分地又大概相等地被吸收时，我们所感知到的颜色。你可以说，灰

色就是调小了音量的白色光。

棕色是又一种难以说清的颜色。它处于真正的颜色和无彩色颜色之间，是一种与灰色类似的“脏”色。棕色实际上是一种偏向黄色或橙色的灰色。棕色表面在一定程度上吸收所有的波长，但对橙色/黄色的吸收能力比对其他色光略差。换句话说，棕色是一种亮度更低的黄色或橙色，是当这些波长的低强度光照到人的眼睛上时产生的知觉。从生理学和语言学角度来看都令人好奇的是，我们会把低强度的蓝色、绿色和红色仍然归为蓝色、绿色和红色，但对于低强度的黄色，我们会觉得有必要找一个新的表示基本颜色的词（伯林和凯那种意义上的）。

棕色和灰色在CIE色品图中并不显眼，因为这份图表没有显示由亮度变化产生的颜色。要显示这些颜色，就要有一整套分层级的CIE色品图，在其中白色的中间地带逐渐变成灰色，同时图表的橙色/黄色部分逐渐变成棕色。

这表明一个事实，即色彩空间——你在商业涂料目录中看到的那种——事实上是三维的。CIE色品图显示的只是三个颜色参数中的两个，即二“维”，描绘在一个平面上。其中一个参数是色相，也就是我们口语中所说的“颜色”。严格说来，色相是颜色中占主导地位的波长，正是色相让我们能把颜色大致归为红色、绿色等。在此意义上，棕色的色相是黄色或橙色；灰色则没有色相，即没有主导的波长，因此可被视为无色。在CIE色品图中，舌形周界附近的色相是变化的。紫色沿着底边的斜坡伸展，位于左下角的蓝紫色和右下的红色之间。这份图表有力地将一个奇特现象清楚地表现出来：在英语和多数其他欧洲语言中，对于黄色和绿色之间的色相，或者绿色和蓝色之间的色相，仍然没有普遍接受的颜色术语来表示，尽管这些色相占据着周界区域相当可观的部分。

CIE色品图中的第二个颜色参数是饱和度，有时也称作纯度或（容易引起误导的）强度。它指的是白色（或者黑色和灰色）与某种纯粹的色相混合的程度。粗略地讲，颜色的饱和度是沿着位于此图边缘的“纯”色相和中心区域的纯白点之间的那条线变化的。顺便注意一下白色区域有多大：白色的范围很广。真正的白色在CIE的体系中被定义为“能量均等”的白色，即位于端点的三种原色平均混合得出的白色：波长为770纳米的红色光位于右下角，波长为380纳米的蓝紫色光位于左下角，波长为520纳米的绿色光位于上部曲线的最高点。阳光所在的位置略偏向于真正白色的黄色一边。

CIE色品图中遗漏了第三个颜色参数，即亮度，它可以大致被视

为颜色在黑白照片中产生的灰色色度。到19世纪早期，色彩理论家们早已开始领会，平面的色轮只描绘了色彩空间的部分图景，只是大片风景中的一小块。一些理论家扩展了自己的色轮，把三次色包含进去，三次色是由三种原色按不同的比例混合而成的（图2.4b）。德国浪漫派画家兼色彩理论家菲利普·奥托·伦格走得更远，他在《色球》（Colour Sphere，1810）一书中给出了一个彩色的球体，粗略地说，它让牛顿的光谱颜色有了不同的亮度。完全饱和的原色和二次色位于这个类似地球的球体的赤道附近。朝着球体的一极，颜色变得越来越亮，朝向另一极则变得越来越暗。因此，一极是纯白，另一极是全黑。

即使如此还是不够，因为它没有在饱和度和亮度中恰当地纳入独立的变化：该球体的任何地方都没有出现灰色。它的表面仍是二52维的，而真正的色彩空间是三维的。在20世纪头十年的早期，美国艺术家兼教师阿尔伯特·孟塞尔属于最早一批试图把这整个空间编集起来的人之一。孟塞尔希望自己的体系能够对从大自然中感知到的颜色进行分类，以便在画室中把它们准确地复制到画布上。他的第一份色标发布于1905年，后来于1915年扩展成《孟塞尔颜色系统图集》（Atlas of the Munsell Color System，彩图2.3）。孟塞尔的整个体系有点像3D版的CIE色品图，只不过它的轮廓更像一只多色的蜘蛛，而不像舌头。和CIE色品图一样，色相在外围区域变化，饱和度则沿着朝向中心地带的白色的辐射线变化。亮度在垂直方向上变化，就像在我们想象中的多层CIE图表里那样，这样中心点就从纯黑色穿过灰色到达纯白。

1929年，孟塞尔更新了他的颜色表示法，将色彩空间分成彼此独立的板块，旨在让这些板块在所有方向上越过同等的感知级别。美国光学学会进行了细致的心理测试，试图确保孟塞尔的色彩空间已经尽可能地“均衡”。

做成着色的塑料计数器或薄片形式的孟塞尔色标，被心理学家和人类学家广泛用来进行颜色感知研究。但是这种色标在该领域的价值是有限的：它试图对颜色的概念进行科学的量化，而颜色概念不可避免地背负着许多文化包袱。约翰·盖奇曾有几分幸灾乐祸地讲述过，丹麦的一些人类学家于1971年到达波利尼西亚的一座岛上，准备在当地人身上测试他们的孟塞尔薄片，却只得到了令人沮丧的回答：“我们这里不怎么谈论颜色。”社会学家M. 萨林于1976年相当准确地一语中的：“关于颜色普遍特质的符号学理论，必须确切地把颜色在人类社会中的真正含义看作‘意义’（significance）。它们所指的不是孟塞尔的薄片。”[49]

出于同样的原因，颜色也不是指牛顿的彩虹，或者（如《牛津英语词典》所说的）材料吸收光的一种倾向，或者由刺激视神经产生的知觉。颜色是所有这些东西，但是对于艺术家来说，它们只是些抽象概念。画家需要的是颜色能体现在素材（stuff）中，让他们能够买到，能在罩衫上涂抹。那就是最重要的内容，我不想看到它（如有时出现的情形那样）在有多种色相的轮状、球体或图表上变得晦涩。画家需要的是颜料。颜色是他们表达和交流的介质，但要让他们的梦想成形，还需要实物。下面我们就来看看他们如何获取实物。

第三章 火神的熔炉——古代的颜料技术

连紫色也装饰着我们的墙，没有绘出什么著名的画作。我们必须相信，当画家的工具不那么齐备时，每个方面的结果都会更好一些。

——普林尼，《博物志》
（Natural History，公元1世纪）

我猜你从来都不曾想过，绘画与化学和烹饪会有那么大关联。

——罗伯逊·戴维斯，《坏到骨子里》
（What's Bred in the Bone，1986）

就我来说，我无法相信古人的四种主要颜色能混合起来，形成我们在提香和鲁本斯的作品中看到的那种惊人的完美。对于活在上个世纪的人，我们如果连他们的着色方法都没有一定了解，又怎能理解活在两千年前的人如何着色？

——托马斯·巴德韦尔，《绘画实践》
（The Practice of Painting，1756）

1851年伦敦世界博览会上最令人难忘的展品并非任何艺术品或贸易品，而是举办展览的建筑物——水晶宫，它带着一身的珠光宝气屹立在海德公园内。这座壮观的“玻璃动物园”由约瑟夫·帕克斯顿设计，据说在外形上受了睡莲的启发；它在伦敦东南部锡德纳姆一座小山居高临下的山脊上重建后，1936年，一场大火又吞噬了它。

为迎接世博会而装饰这栋建筑的艰巨任务，落在了威尔士室内设计师欧文·琼斯肩上。他深感要想不辜负这般雄伟气象，只有向古人[55]求助。他说：“细看古代建筑的遗迹，我们到处都会发现，在早先时

代，装饰中用得最多的颜色是蓝色、红色和黄色这些原色。”[50]

这么说基本上是对的。庞贝古城的城墙所涂的颜色在现代人看来近于花哨，墙上饰以鲜亮的朱砂，打磨得光彩照人。希腊人的多数石雕，包括石柱、浮雕和雕像，都会进行涂饰。人物形象会在丰富的红色、黄色、蓝色和黑色底子上描绘。随着19世纪早期的考古学家明确地认识到这一点，西方的建筑师对于鼎盛时期的神庙（其表面的苍白石块现在暴露于天光之下）的大概模样进行了色彩明亮的复原。包括琼斯在内的一些人开始将古典时代的特征，即以强烈的原色为涂饰，纳入自己的设计。

不过，琼斯的水晶宫装饰方案与其说基于古代人崇尚的颜色组织原则，不如说基于他的同代人、英国颜料制造商乔治·菲尔德提出的原色系统。琼斯规定，黄、红、蓝三种颜色应该按3:5:8的特定比例分布，这正是菲尔德提出的和谐着色的理想比例。其他建筑师对此观念颇感犹豫，认为其与朴素的维多利亚时代的审美风格多少有些不合。如实际发生的那样，琼斯贯彻了自己的想法，不过受限于材料，只在一定程度上实现。他别无选择要用的那些工业涂料绝不像当时艺术家所用的色料那么明亮，所以，水晶宫上装饰的尽是脏兮兮的黄色、发白的蓝色和沉闷的棕红色。[51]

颜色在古代艺术中是一种奇异的混合。在数千年中，早期埃及人比尼罗河以西的任何其他文明都要投入更多的努力和技巧来制作艺术家所用的颜料。古希腊人和古罗马人在室内装饰上表现出的审美情趣，即使今天看来也无疑是大胆和现代的，但遗留下来的许多绘画碎片显示，他们的颜色范围比某些洞穴艺术的大不了多少。古典时期的希腊画家阿佩利斯备受文艺复兴时期的主要色彩画家提香推崇，然而如我们在第一章所见，据说他只使用四种颜色。不过，古希腊人毫不犹豫地用奢侈的黄金作为色料。与埃及缺乏层次的象形文字不同，古希腊艺术的吉光片羽在我们面前显现的图像，其绘画方面的工艺和精致程度让人想到文艺复兴的全盛时期——不过，他们所用的艺术技巧要到14世纪初才被重新创造出来。对文艺复兴时期的大师们来说，古典时期的希腊象征着艺术的黄金时代；对我们来说，它则几乎完全成了一页白纸。对于那个年代所用的绘画方法和材料，我们所拥有的点滴知识基本上来自古罗马的作家们，他们现在不仅是回望古代艺术，也是窥看古人们重排化学元素的能力的主要窗口。

第一批化学家

在各门科学中，化学的不同寻常之处表现在，它既由实用性也由理论认识来界定，即既通过它所做的也通过它所说的来界定。这是一门对物质进行转化的科学；需要指出的是，要实现这一点，与基于认知来设计步骤相比，按部就班地遵从配方书同样有效。但是，在这两极之间画一条线将“真正的科学”与技术区分开来，只不过是修正主义的想法，是把现代准则强加到历史上的世界。[52]古埃及人的化学研究与至少四千年后的欧洲化学家们几乎同样精细，这一事实让人不得不直面一个问题：为何我们执意要将其中一个而不是另一个视为定量的、可重复的科学。

名为埃及玻璃料（Egyptian frit）或埃及蓝的蓝色色料，是从年代为公元前2500年左右的人工制品中发现的，它并非纯粹巧合的产物，即不是随意熔合天然材料所偶然获得的。它的锻造需要精确和筹划：石灰（氧化钙）、氧化铜和石英（二氧化硅）以1:1:4的比例混合。原始成分是矿物：白垩或石灰石，像孔雀石这样的铜矿物，以及沙子。它们被放在窑内，以800℃至900℃的温度烧制。温度很关键，可以想见古埃及人能够相当精确地掌控烧制条件。最后的成品是一种不透明的、脆性的蓝色材料，经研磨成粉便成为色料。这是最古老的合成色料，是青铜时代的蓝色。

在古埃及，要将原始成分转化为艺术家的材料，要求具有极为专业的知识和高超的操作技巧。比如，在合成色料锑酸铅之外，他们的画家还有可能获得什么？这种淡黄色物质的名称一直较为混乱——和中世纪的giallolino或giallorino（意为“黄色”）一样，它从未能与其他几种含铅的黄色色料明确区分开来，17世纪的“那不勒斯黄”在今天指的是某种特定的色相而不是化学成分。[53]我们并不知道埃及人如何称呼它，但他们知道如何制作：使用本身就是合成物的试剂，即氧化铅或碳酸盐和氧化锑，两者都是通过对矿物进行化学转化得来的。

对天然材料的这种操作表明，古埃及是一个真正掌握了化学的文明。[54]我们甚至怀有一种观念，即这样一种组织有序的技术——也有理由称其为一项产业——定义了一个文明。旧石器时代的艺术家们至少在三万年前就在装饰洞壁，此时距冰期结束还有很长时间，对于那时可以获得的干巴巴的土质色料，他们并不缺乏精湛的技艺。拉斯科、阿尔塔米拉和比利牛斯山脉的洞穴壁画所显示出的优雅线条，与几千年后埃及的壁画一样精细。但是，不论人类学家可能对这些痕迹作何解读，它们并不以同样方式显示我们在埃及看到的社会等级和劳动分层。它们并不来自这样一种文化，在此文化中，社会成员都参与交易。

最为远古的科学创新者，那些能与牛顿、拉瓦锡和达尔文比肩的

人，所处的时代还没有任何手段能把他们的英名传诸后世，这当然是历史的不公。现在，我们永远无法建立丰碑，来纪念在公元前3500年前后发现如何从矿石中提取铜，从而实现由物理方法到化学方法制造物品这一飞跃的人。发明了从锡矿石和铜矿石的共熔中获得青铜的人也没有获得应有的荣誉，甚至略早于荷马的时代，在公元前1000年从铁的氧化矿物中获取铁的人也是如此。科学史所能告诉我们的，不过是诸如此类的发现并非偶然。好运气或许能给人提供成败未定的机会，但是正如路易·巴斯德所说，只有洞察力强、善于接受的人才能把它变成一项发现。是否把这些创新看作早期科学，并不是问题的关键。对于早期的艺术家来说，制造颜料是艺术这项活动的应有之义。

原始泥土

化学本身的诞生要等到中东有了第一批定居者，但是为了艺术的目的对天然材料进行有意识的处理则要早得多。洞穴壁画的绘制者从周围环境中获得常用色。红色和黄色的“泥土”来自赤铁矿氧化铁与不同温度的水结晶，绿土来自铝硅酸盐黏土，即绿鳞石和海绿石；黑色来自木炭；棕色来自氧化锰；白色来自白垩和磨碎的骨头。在阿尔塔米拉和拉斯科，甚至有一种蓝紫色色料，由一种锰矿物制成。除绿色和蓝紫色，这些物质到处都能获取。因此，在法国和西班牙的岩洞里，我们能看到黑色、白色、红色和黄色等“古典”光谱的土质形式（彩图3.1）。伯林和凯的原始色相正是能从泥土中大量获取的那些——令人惊讶的是，从这一事实中似乎无法得出什么。

然而，我们不该低估这些无名的狩猎——采集者利用大自然的色相时表现的独创性。在洞壁上用木炭胡乱画一条线是一回事，用研钵和杵有条理地把赤铁石磨成细粉，与植物油等有机黏合剂混合，再应用于某个表面，则完全是另一回事——后者活脱脱就是在画一幅石器时代的油画。是谁凭空想象出来，把色料通过管子吹气进行喷绘？

这还不是全部。例如，约公元前12000年，旧石器时代晚期（所谓马格德林文化中期）那些在比利牛斯山脉尼奥克斯岩洞创造形象的艺术家们，从大自然的慷慨赠予中发明了新的配方。此时还没有进行化学转化，只是将色料以物理方式混合于“填充剂”，即促使珍贵色料进一步发挥效用、在颜料中提高性能的中性材料。与钾长石混合后，赤铁矿变得更暗，但能更好地附着于岩石表面，不易破裂。马格德林文化晚期（约公元前10500年）的配方则更好，在这种配方中，长石填充剂包括一些黑云母——一种很容易从磨碎的花岗岩中获得的混合

物。这样一来，基于风格上的理由把旧石器时代的岩洞艺术视为同质化的倾向，就受到了技术创新的证据的挑战，这种创新以千年为时间尺度，从古生物学角度看绝对是快速的。

颜料的技术

古代化学家基本上只有一种单一的转化中介：火。加热可能会催化反应，只要有了热就能激活黄色的锑酸铅或蓝色的玻璃料。它会排出气体，通过驱逐二氧化碳把白垩和孔雀石这样的碳酸盐矿物变成氧化物。

无疑，加热是一种相当呆板的转化工具，但是尼罗河流域的文明把它提炼到一种令人叹服的程度。巴比伦和亚述的熔炉显示了一系列设计，证明那里就曾在用火加热的条件下进行过相当多的试验。

然而很明显的是，古代埃及、希腊和罗马的技师们也精通一些复杂的化学方法。他们初步使用了酸和碱——虽然直到强“矿物”酸（硫酸和硝酸）在中世纪早期由阿拉伯的炼金术士们发现之前，酸处理用到的效力最强的东西也不过是醋。不过，这已足以将铅金属和铜金属分别腐蚀成白铅和绿色色料铜绿。发酵（使用酵母从食糖中制酒）、升华（把固体加热到气体状态）、沉淀（从溶液中提取固体）和过滤（在悬浮液中获取固体小颗粒）这些化学过程都是古代世界的常用技术。

但是，古代制造颜料的化学技术并不是专门为此目的而开发的。必要的成分和技能是由更为平淡无奇的工艺，如玻璃制造、陶瓷上釉和肥皂生产等孕育的。换句话说，古代的色料制造是规模庞大又蓬勃发展的化学工业的分支，这项工业将原材料转变为日常生活所需的物质。我们将在随后的章节中看到，这种情况在世世代代中持续存在：由于嵌入范围广泛得多的实践科学图景中，色料制造变得不仅在经济上可行，在技术上也是可能的。艺术的倾诉对象是精神，却以世俗庸众为衣食父母。

玻璃和肥皂的制造都需要碱。在古代世界，这样的碱主要是苏打（碳酸钠）和钾碱（主要是碳酸钾）。碳酸钠天然呈现为一种矿物，这种矿物在17世纪的欧洲根据其阿拉伯语名称（natrun）被称为泡碱（natron）。但这种矿物资源并不丰富，在古代和中世纪使用的苏打和钾碱多数来自草木灰。它是通过过滤来提取的：让水滤过灰分，溶

解掉碱。大多数灰分都会产生钾碱，但从沿海植物中得来的灰分包含更多的苏打。

是谁首先认识到，沙子和苏打加热到熔点时就能制成玻璃？普林尼就此发现讲了一个动人的故事，把它归功于居住在地中海沿岸、迦密山北部贝鲁斯河周围的腓尼基人。他说：

> 有这么一个传说：曾经，一些泡碱贩子的一艘船在那里搁浅，他们沿着海岸分散开来准备饭食。由于没有适合架起大锅的石头，他们从货物中取出苏打，把锅放在上面。这些苏打受热并且与海岸边的沙子完全混合后，一种奇怪的半透明液体成股流出；据说，这就是玻璃的起源。[55]

这个场景很美妙，但肯定是杜撰的，因为营火无法达到熔化沙子和苏打所需的约2500℃的温度。此外，玻璃在普林尼的描述之前两千年就有制造了——不是在腓尼基，而是在美索不达米亚，现在被伊拉克和叙利亚占领的地方。

真正的玻璃最初就是在这里发现的，时间可追溯到约公元前2500年。玻璃的发现当然是偶然的，但也许不像普林尼想让我们相信的那么随意。这可能是另一个实践工艺，即有色陶器釉料制作的实验衍生出的结果。

公元前4500年左右，在中东地区，通过粉碎石头表面并将其与蓝铜矿或孔雀石等铜矿物一起加热，制造出了模仿珍贵的蓝色矿物青金石的蓝釉皂石装饰品。这种蓝色玻璃状物质后来被称为埃及彩陶（彩图3.2），虽然在发展成为埃及的产业之前很久，它就在美索不达米亚有过生产。彩陶首先出现在底格里斯河和幼发拉底河流域，到公元前3000年时在下尼罗河地区有了制作，一千五百年后贸易活动使它遍布欧洲各地。

为了在彩陶制造中获得熔化矿物所需的高温，必须扇动或吹旺火头。这些人工制品被放置在有盖的容器或窑室中，以免受到烟和灰的损害；美索不达米亚的陶窑可追溯到公元前4000年。似乎极有可能的是，早期制造蓝釉物品所提供的窑炉技术的发展，导向了从其矿石中熔炼的铜的发现。对颜色的热爱开创了青铜时代。

可以想象，在彩陶烧制期间，沙子可能经常与灰烬混为一体并相互融合；而且，在冷却下来的熔炉内，困惑或欣喜的工匠必定发现了坚硬、透亮的粗糙玻璃块。

美索不达米亚人发现，若放入少许石灰，玻璃质量就会改善。一份古老的楔形文字文本给出的配方是：“拿60份沙子、180份海洋植物的灰烬、5份白垩，全部放在一起加热，就能制成玻璃。”[56]如果用制造彩陶得到的铜矿石染色，玻璃就会变成蓝色。毫无疑问，埃及蓝玻璃料是这种实验的另一个偶然产物，因为它有着相同的成分。

在古埃及，玻璃在公元前3千纪[57]中期前后成为一项重要的技术产品。色彩把它变成一种材料，适合放置法老王和王后的油膏。钴矿物产生的蓝色比铜产生的更深；绿色来自氧化铁或氧化铜，黄色和琥珀来自氧化铁，而紫色来自二氧化锰。一些金属化合物产生不透明的颜色：黄色来自氧化锑，白色来自氧化锡。这些配方一直用于制作中世纪辉煌的大教堂窗户，几乎一成不变。[58]

事实上，制造无色玻璃难度更大，因为氧化铁天然成分中的杂质会留下近于绿色或棕色的色调。（玻璃的拉丁语词vitrium来自表示蓝绿色的词语，凯尔特语词汇glas也表示这种色相。）中世纪的工匠们发现，加入少量的二氧化锰可以去除颜色，后来，二氧化锰被称为“玻璃匠的肥皂”。

由沙子和苏打灰或泡碱制成的玻璃后来取代了皂石，成为埃及彩陶上釉技术的载体。黏土物品也以这种方式着色：在黏土念珠的外表发现了一些年代最早的埃及釉料，它们是由苏打和铜矿物的混合物烧制而成的。

然而，真正的釉料是应用于人工制品成品的表面，而在彩陶中，铜矿物则混合到其着色物品的质地中。有更多的机会来调控在此之后施用的釉的厚度和颜色。最早的陶器釉料基本上是一层层纤薄的彩色玻璃，即苏打和沙子的混合物，用一些黏土黏附。埃及陶器的许多釉料着色所用的矿物，与玻璃着色所用的矿物相同；至于是陶匠还是玻璃匠先采用它们，我们只能去推测了。

这些“碱性釉料”（之所以如此称呼，是因为其中含有苏打）难以施用，并且冷却后容易收缩，导致破裂和剥落。约从公元前1500年起，整个中东的釉料中通常加入铅，这样就减少了收缩。以铅上釉的砖和瓦约从公元前1000年起在美索不达米亚广泛应用。巴比伦人简单地通过将矿物方铅矿（硫化铅）磨成细粉并涂在陶土上来制作铅釉。加热后，铅化合物熔化，生成平滑、光亮的涂层。这样的涂层可以通过添加铜、铁或锰的氧化物来着色。

希腊和罗马文明特有的红色和黑色器皿用黏土泥浆着色，这种泥浆含有红色黏土和有机物质，或是氧化铁。模仿东方陶瓷的欲望带来

了灵感，这种上釉技术显然是在公元前1500年前后在迈锡尼发明的，后于公元前6世纪由雅典的希腊人大大改进。公元4世纪前后罗马衰落后，红色和黑色器皿的制作秘诀在西方便失传了。

约七百年后，欧洲人酝酿出对摩尔人的“虹彩陶器”的雅好，这种陶器的彩虹色釉面闪闪发光，含有纯金属或其硫化物。它们的制作过程相当复杂，要用到硫化铜或硫化银、赭石和醋，印证了阿拉伯化学家们令人肃然起敬的高超技艺。这种白色陶器被称为马约利卡（maiolica），用不透明的含锡釉料涂覆，也是一种东方的创新。可能早在12世纪，它经由马略卡岛引入意大利，并在随后的四百年中于意大利中部催生了一门主要产业。

古代颜色创新的另一个主要引擎是纺织品贸易，因为彩色服装具有昭示社会等级体系的重要功用（可以说它们现在仍有这种功用）。

传统上，把染料结合到布中的是媒染剂，这种物质有助于将着色剂（通常是天然有机化合物）附着到织物纤维上。普林尼以赞赏的口吻写到埃及人的媒染技巧：

> 在埃及，他们同样为织物着色采用了非凡的工艺。先是压制材料（一开始是白色的），再浸透它们，不是用颜料，而是用经过计算以吸收颜色的媒染剂。这道工序完成后，织物外观上还没有变化，于是被投入装有沸腾染料的大锅中，片刻之后又被从锅中拿出，此时已完全着色。同样令人诧异的一个事实是，平底锅中的染料颜色均匀，但是材料从中取出后，依所施用的媒染剂的性质而具有了不同的颜色：这些颜色同样永远经得住水洗。[59]

普林尼没有详细说明这里使用的媒染剂；不过，它们通常是明矾（硫酸铝）。[60]他在其他地方说，从亚美尼亚到西班牙的许多地方都发现了明矾，一种“咸土”。明矾是从公元前3千纪初开始开采的，其用于固着染料至少可以追溯到公元前2千纪初。明矾的止血功能也使它成为一种珍贵的药物。

明矾生产在中世纪是一项规模庞大的产业。在13世纪和14世纪，明矾大多数来自希腊群岛和近东。土耳其人于1453年攻下君士坦丁堡后，切断了这项贸易，导致明矾短缺，直到后来在意大利的教皇领地发现明矾石（钾矾的一种矿物形式）矿层才得到缓解。矿物形式的明矾应当最好在用作媒染剂之前加以净化，以去除通常作为杂质存在并会损害染料的铁盐。阿拉伯的炼金术士们早在13世纪就知道这一点，当时他们描述了一种净化过程，其中要用到含氨的陈旧尿液来进行处理。

染匠们从苛性苏打（氢氧化钠）的发现中受益——普林尼在公元1世纪的《博物志》中首先提到了这一点。苛性苏打在中世纪被视为碱液，是由苏打和生石灰（氢氧化钙）制成的。后者是通过加热白垩或石灰石（以制造石灰，即氧化钙），然后加水“熟化”得来的。碱液是一种比苏打或钾碱更为烈性的碱，有助于从天然来源中提取染料。它也用于制造肥皂，肥皂似乎不是“文明”的罗马人，而是“野蛮”的高卢人发明的一种东西。通过在苛性苏打中煮沸脂肪或植物油制成的硬皂，到公元800年时似乎已广泛应用于整个欧洲。

接下来就是颜色本身。在古代染料的上等品中，就包括蓝色靛蓝（将在第九章中讨论）和一种深红色着色剂（从某种昆虫中获得）。先65知以赛亚在以雷霆之势警告上帝对犹大王国的愤怒时，告诉了我们8世纪圣地[61]的染红技术：

你们的罪虽像猩红，

必变成雪白；

虽如绯红，

必白如羊毛。[62]

这里选用了猩红和绯红来唤起血液的色相，两千年后琴尼诺·琴尼尼承认了这种染料的“血红色”。在中世纪，它被称为“胭脂虫红”（kermes），来自梵语词kirmidja，意即“提取自一只蠕虫”。它的希伯来文的名字是tola'at shani，意即“蠕虫猩红”。其红色化合物提取自一种无翅蚧虫Kermes vermilio，该昆虫栖息在近东、西班牙、法国南部和意大利南部的猩红栎上。这种染料主要是化学家们称为胭脂酮酸的有机化合物，通过压碎以树脂结壳的胭脂虫并在碱液中煮沸来提取。

胭脂虫红（kermes）是英语中绯红（crimson）、胭脂红（carmine）和法语中绯红（cramoise）的词根。但由于胭脂虫这种昆虫在树枝上结的壳类似于一束浆果，亚里士多德的学生泰奥弗拉斯托斯（约公元前300年）等希腊作家便称之为kokkos，意思是“浆果”。在拉丁语中又变成了coccus，这是在普林尼关于胭脂虫红染料的著作中发现的一个词。[63]然而普林尼也使用了granum（“谷粒”）一词，再次暗示了这些昆虫令人迷惑的植物性外观。“谷粒”因此成为这种绯红色染料在中世纪欧洲广为人知的令人困惑的名字之一。乔叟提到过一种布，“用谷粒染色”，意思是说染成绯红色。由于这种颜色具有强烈、持久的性质，这句话渐渐变得只是指深深染色或永久染色。

英语单词“根深蒂固”（ingrained）就是从这里来的。在《第十二夜》[64]中，奥利维亚说她的肤色“根深蒂固，风雨不浸”——这可远胜于莎士比亚时代的许多染料。

术语用法在中世纪早期的欧洲变得更加混乱。在4世纪，圣哲罗姆将胭脂虫红染料同时称为baca（“浆果”）和granum。不过，他知道其原料根本不是浆果，而是一种动物；于是他使用同义词vermiculum，意思是“小虫”。从这里又衍生出“朱砂”（vermilion）一词，它是一种由硫和汞制成的合成红色色料。用来指代从昆虫身上提取的有机染料的术语，如何又应用于由炼金术制成的无机颜料？这个谜题只有放在中世纪着色观念的背景下才好理解，在这种观念下，着色相近但来源迥异的物质最终可能共用一个名称，因为色相被认为与成分密切相关。

颜料配方

从这口由实际应用（甚至可以说家庭应用）驱动的化学大锅中，出现了制作古代画家可用色料的配方。19世纪初，瑞典驻亚历山大副领事约翰·达纳斯塔西购买了一套希腊语的古代纸莎草纸文本（可能是盗墓掳来的），为这些遥远的工艺开启了两扇最有价值和启发性的窗口。达纳斯塔西向斯德哥尔摩的瑞典文物科学院提交了这些手稿中的一部分；其余手稿他卖给了荷兰政府，随即被存放在莱顿大学。这些手稿的翻译进度慢慢悠悠，直到1885年，莱顿手稿中编号为10号纸莎草纸的那一份，才被发现包含许多制作色料的化学配方。1913年，同一作者的另一份类似手稿从斯德哥尔摩合集中现身（此后被转藏到乌普萨拉）。其作者被认为是公元3世纪的一名埃及工匠，但其中无疑汇集了年代更为久远的信息。

莱顿大学和斯德哥尔摩的纸莎草纸文本，显然是工坊操作手册的摘录。不论作者是谁，他们显然希望同行能够看懂。文本中有不清楚的地方，更有可能是因为作者认为某些知识无须赘言，而不是因为蓄意隐瞒（同时期的炼金术文献通常就是如此）。斯德哥尔摩纸莎草纸文件中包含染色、媒染和制作人造宝石的配方。莱顿纸莎草纸文件则专门讲述冶金：它的101种配方讲解的是为金属镀金、镀银和着色的方法，包括“让铜器看起来像黄金”之类的小花招。

这些文件显示了数量惊人的化学技能，是许多个世纪积累、提炼出来的知识精华。19世纪的法国化学家马塞兰·贝特洛从莱顿纸莎草纸

中发现了一座关于古代化学知识的矿藏，于是把它们译为法语出版，同时附以全面的评论性分析。

然而，这些配方在多大程度上是基于对化学原理的真正理解？人们会禁不住认为，它们和石头工具的制作一样，都无关乎科学。毕竟，亚述人难道不是认为，工艺化学容易受到巫术和占星术的影响？

如果有人坚持从这些古代文本中寻找与现代化学概念相近的东西，那他们看起来确实有些孤陋寡闻。不过，古代那些原始化学家们为造出新色彩所做的努力，在化学理论的发展过程中确立了一些关键思想。转化（transformation）这个观念本身的重要性再怎么强调都不为过。地球上物质的成分并非固定不变，它们在人类影响下是可变的：这是一个惊人的认识。作为物质的基本组成部分，元素若非在人们看来可以相互转换，其概念本身就远不会那么威力无穷并结出硕果。人们若非坚信贱金属可以转化为黄金，就不会进行大量的应用化学研究。在西方自然哲学中，长期以来关注的重点一直是那些性质恒定的东西：几何学、数学、物理学和天文学中那些绝对、不变的原理。即使在今天，这种偏见还在继续蒙蔽着我们对科学事业的认知。一些论者主张从公元前600年前后米利都的泰勒斯试图（用生物学家刘易斯·沃尔珀特的话来说）“在自然中发现根本统一”的努力中，去确定科学的起源。但泰勒斯意识到，任何这样的统一只能借助变革和转化68的力量来获得。对泰勒斯创立的古典哲学中的爱奥尼亚学派来说，“一切都在变化之中”。泰勒斯的统一原则——水——凭借其在当时看起来独一无二的能力，即呈现为固体、液体和气体的物质形式，扮演了这种角色。

如果说莱顿和斯德哥尔摩的纸莎草纸携带着一条科学的信息，那就是：我们可以创造。我们可以改变物质的形状、形式和外观。在这样做的时候，我们使世界变得更美。

诸神的颜料

这些纸莎草纸文件的作者不仅是在为前世的古人，也在为后世的来者发声。他那个时代的埃及不同于第一王朝（约公元前3100年），但在色彩技术方面两者旗鼓相当。早期的埃及文明在它的国民看来是伟大的创造者——孟菲斯的神普塔的杰作。正如普塔为水的原始世界的元素混乱带来了秩序，埃及身兼祭司职责的国王们把艺术和工艺视为日常生活的合理化。普塔的大祭司被称为最伟大的工匠，而工匠的

技能备受尊崇。

埃及绘画最引人注目的方面之一是其世俗性，字面意义上的世俗性。这是一种纪录片式的艺术，对人类学家来说真是一大幸事。画中，人们做着自己的日常工作：钓鱼、洗涤、建造、狩猎、向法老纳贡（彩图3.3）。它给人的总体印象是一个平静、有序的社会。埃及人的真实世界不一定符合这种和谐的画面；确切地说，艺术家们描绘的是一种理想，是希望混乱服从于秩序和理性。作为手段，艺术是达此目的的一种工具，因为它被赋予了魔法力量来改变世界。艺术作品的完成伴随着一种仪式，通过仪式它获得了这种神圣的影响。

埃及艺术的社会价值反映在这种文化对明亮色料的系统积累上。这些色料大多数不过就是碾碎的天然矿物：铜矿石孔雀石（绿色）和蓝铜矿（蓝色），硫化砷雌黄（黄色）和雄黄（橙色），再加上赭石（氧化铁）之类的晦暗的土色，以及煤烟黑和石灰白。埃及人偶尔通过混合蓝色和黄色色料（例如蓝玻璃料和黄赭石）来制成绿色。天然硅酸铜提供了另一种绿色；希腊人称这种矿物为chrysocolla，即“金色的胶”，并用它作为金箔的黏合剂。

在纸莎草纸上作画时，这些色料通常与水溶性树胶混合，水彩画的原始版本就是从这里来的。胶料是一种由兽皮煮沸制成的胶水，它和蛋白也用作黏合剂。因此，埃及绘画技法基本上就是我们所谓的坦培拉画法。

不过，埃及人知道，大自然的调色板可以通过化学“艺术”变得更为生动。除了蓝玻璃料和锑酸铅，还有一些发现特别值得一提：铅白和红铅的制造，以及由有机染料产生的色淀色料。

持久的白色

铅可能早在公元前3千纪就已经从矿石中解放出来；有广泛的证据表明，在公元前2300年前后安纳托利亚就开始冶炼铅了。从金属中制造白铅之所以非同寻常，部分是因为其有条不紊和耗时漫长的特点，还有部分则是因为它经久不衰：由泰奥弗拉斯托斯、普林尼和维特鲁威描述的极有可能在数个世纪前应用于埃及的工序，19世纪初几乎无甚变化地仍在使用。这种方法很可能从公元前300年前后开始也在中国得到应用。

白铅是碱式碳酸铅。它是通过一种中间物质——乙酸高铅盐制成

的，铅金属与乙酸反应就形成乙酸高铅盐。乙酸是醋的主要成分，而埃及作为一个遍植葡萄的社会，多的就是乙酸。

转化是通过如下过程实现的：铅条被放置在黏土坩埚中，坩埚中有放醋的单独隔间。这些坩埚成堆地放在铺有动物粪便的密封棚中。醋的烟气把铅转化成它的乙酸盐，由粪便发酵产生的二氧化碳气体则与水结合产生碳酸。这种酸会促进乙酸铅转化成碳酸铅。确实，这个过程不过就是酸对金属的腐蚀。但铅是一种惰性金属，反应迟钝，其白色色料可能需要一个月甚至更长时间才能成熟。

蓝绿色色料铜绿（乙酸铜）也是通过类似工序，用醋的烟气腐蚀铜金属制成的。泰奥弗拉斯托斯对该方法的描述是目前所知最早的。在描述了铅白（他称之为psimythion）的制造之后，他说：“铜绿也是以某种程度上相类似的方式制成的，因为铜被放置在葡萄酒［渣］上，通过这种方式获取的锈被取下使用。”[65]

普林尼重复了这一描述，称这种色料为aerugo，即“铜锈”。他说，铜锈也可以从天然铜矿石中刮取，这意味着他没有区分严格意义上的铜绿（乙酸盐）与具有类似外观的天然存在的碳酸铜。

从白铅中可以制成红铅，红铅在中世纪手稿中被称为红丹（minium）。在描述罗马颜料制作艺术的一份10世纪文本中，修士赫拉克利乌斯描述了转化是如何通过受热实现的。维特鲁威声称，该过程是因为白铅意外暴露于火而发现的，这看起来完全可能。普林尼称红铅为“假山达脂”——真正的山达脂是罕见的橙红色雄黄。红丹在中世纪手稿彩饰那小而精致的场景中被大量应用，我们由此得到“微型画”（miniature）一词，它来自拉丁语miniare，意即“用红丹着色”。因此，微型画在当代所具有的小尺幅作品的含义与拉丁语的minimus，即“最小的”一词完全无关。

红铅在东方艺术中被大肆应用。公元前5世纪的一份中国手稿中描述了红铅的制造，在汉代（公元前2世纪至公元2世纪），它为人所知的名称是“铅丹”——丹砂[66]是另一种红色矿物。从15世纪到19世纪，红铅在印度和波斯的“细密画”中表现得尤为突出，这些“细密71画”细节精致，尺寸却并不微小。

很难想象艺术史上没有白铅，毕竟，作为其早期替代品的白垩和碎骨不能提供任何艺术家需要的象牙色不透明效果。直到19世纪，白铅才被新的合成产品取代；在此之前，它是欧洲用油料进行架上绘画的调色板中唯一的白色色料。但是，除了用这种化学制造的物质，还有其他什么能够实现文艺复兴时期明暗对照的强光部分吗？巴洛克时

代的荷兰大师们在哪里可以找到一种白色来与他们的深黑色相比肩？作为一项额外的好处，这种色料的普遍存在使我们看出了古代大师们的含糊其词。铅能强烈吸收X射线，因此X射线显示出作品在预备阶段的白色底层色。

色淀颜料

辰砂和红铅带一些橙色，红赭石则色彩黯淡。古埃及的染匠们能用上色彩更丰富、色相更深的胭脂虫红，但偶尔也有如靛蓝这样的例外，它们作为染料过于透明，无法用作木材、石头或石膏的涂料。埃及人知道如何克服这个缺点，虽然我们无从得知解决办法是不是他们发明出来的。将能溶于水的绯红色染料附着到无机的无色“载体”粉末上，就产生一种不那么透明的固体材料，它被称为色淀色料。

“色淀”现在是任何以染料为基础的色料的通用标签，但是它曾经只与红色相关。在中世纪，红色色淀不仅可以由胭脂虫（后来称为胭脂红色淀）的胶状分泌物制成，也可以由一种被称为紫胶（lac、lak或lack）的相关树脂制成。这种树脂包裹着印度和东南亚土生土长的树木上的千枝万条，是从紫胶虫（Laccifer lacca）这种蚧虫的身体中渗出的。现代虫胶漆是紫胶树脂的一种加工过的形式。从13世纪早期开始，紫胶被大量进口到欧洲，由此成为所有以染料为基础的红色色料（包括胭脂红这样的已经在流通的色料）的总称。

从胭脂虫染料中制造胭脂红色淀色料是早期化学的一项绝技。中世纪的配方极为详细，没有理由认为古埃及人所用的程序有很大的不同。常见的方法是走一条迂回路线：首先用从压碎的昆虫中提取的原始染料为布或丝染色，然后煮沸泡在碱液中的余料以重新溶解染料。于是，通过加入明矾，染料就从滚烫的碱性溶液中提取出来了；明矾的作用是在溶液冷却后，使细晶氧化铝（水合氧化铝）沉淀。染料被吸附到氧化铝颗粒的表面，干燥后成为暗红色粉末。

如此看来，色淀色料通常是染匠们的贸易活动的副产品，由一些边边角角的余料制成。不过，对于这种二手产品，琴尼诺提出了警告，说“它完全不经用……很快就会掉色”。

埃及人还用茜草属植物的根部制成了深红色染料，这一点第九章中将会详述。从赫拉克利乌斯10世纪的文字来看，制作茜草色淀的艺术为罗马人所熟知。

希腊的四种颜色

埃及的化学艺术属于实用性极强的一种。但是，古希腊的哲学家们更长于理论总结而不是动手试验。正是由于这个原因，古典时期希腊的化学乏善可陈，甚至是一种矛盾的说法——希腊人的大多数实践知识都是从东方输入的，由社会地位低下的工匠实际操作。正是在这里，我们发现了对手工技能的偏见的根源，此种偏见普遍渗透于中世纪思想中，影响了文艺复兴时期艺术家们的观点，甚至直至今天仍存在于“纯粹”科学和“应用”科学，或者说科学与技术之间的分野中。

柏拉图和亚里士多德的著作中提出的关于混色的奇思妙想，工匠们大有可能不屑一顾；除了对实验的厌恶，我们还可以作何解释？“原子之父”德谟克利特坚定地认为淡绿色（chloron）可以由红色和白色混合而成。柏拉图断言韭葱绿（prasinon）可以由“火焰颜色”（purron，大概是橙色）和黑色（melas）制成，并用一份傲慢的免责声明作为防御：“谁若妄图通过实验验证这一切，那就是忘记了人神之别。”

亚里士多德并不完全厌恶实验，但也偏爱理论，这就是他的作品《论颜色》（On Colours）很难称得上画家手册的原因。[67]他强调，要想真正研究颜色，不是“通过像画家那样调和色料”，而是要比较反射的光线，实际上就是通过去除有形物质（在这一点上后来的牛顿做得很出色）。

关于颜色混合关系的看似奇怪的信念，这些学者是从哪里得到的？要理解一种文化对颜色运用的先入之见，我们必须考察它的色彩理论和术语。比如，第一章描述的希腊由亮色到暗色的标尺，就揭示了为什么柏拉图认为红色可以通过增加一点“亮色”（白色）转向绿色。

很难说希腊人对色料混合的厌恶在多大程度上是由理论偏见激起的，也很难说实际经验——色料混合后会失去鲜明度——在多大程度上起了作用。无论如何，它突出了画家对材料的依赖。对古代艺术家来说，自然中有大量的色相都没有纯净的色料可用，尤其是用来画肖像画的令人信服的肉色。泰奥弗拉斯托斯说发现过一种叫作miltos（来自米利都）的红赭石，色度深浅不一，其中一些接近皮肤的玫瑰色。但是，在古代世界的艺术中，大多数肉色以及其他渐变色是通过色调的交叉影线而不是色料的混合来实现的。

希腊画作留存下来的极少，我们只能根据古代著述来对希腊人的

颜色运用进行推断；这些著述主要来自罗马帝国的作家，如普鲁塔克、维特鲁威和普林尼，不同于古典时期的希腊人，他们的艺术写作更为纯粹。有一种直到维多利亚时代中期仍然盛行的看法，认为希腊雕塑并不着色，而是一任其保持白垩之色。这可能是误入审美偏见（认为白色即“纯”）而对古典艺术形成现代误解的一个最著名的例子。对希腊人来说，平常的石头身上可没有什么神圣的东西，以致不能用涂料加以点染。对于石头他们也不含蓄：胡子是深蓝色的（记住，这是黑色的一种），如果从罗马雕像和浮雕作品得出的判断可靠的话，众神的脸庞往往也是明亮的红色。

有充分的理由假定，埃及人所知的大多数甚至所有色料，希腊画家们都能获得。然而不论是普林尼还是西塞罗都坚持认为，四色绘画在古典希腊艺术的鼎盛时期，即公元前4世纪前后，是一种强大传统。随着时光流逝，幸存的希腊和罗马艺术中的许多色料褪色，无疑容易让人认为其调色板是沉闷的。不过，还不止这些。普林尼从该时期中提出了几个著名四色艺术家的名字：杰出的阿佩利斯，以及阿埃蒂翁、墨兰提俄斯和尼科马库斯。西塞罗的名单涵盖的时间范围略广，既包括公元前4世纪初的宙克西斯和提曼忒斯，也包括公元前5世纪初的画家波利格诺托斯。限制调色板的传统似乎始于公元前5世纪中期，当时恩培多克勒正在完善四元素观念，而德谟克利特正在提出原子假定。

尼采曾颇具争议地提出，希腊画家之所以避免使用蓝色和绿色，是因为这两种颜色“使自然失去人性的程度，胜过所有其他颜色”。但是，真正的原因可能是实用方面的，而不是形而上层面的。公元前5世纪期间，希腊艺术家们开始画三维画，使用明暗对照法（“高光和阴影”）描绘纵深。这一进展可能推动了四色技法，使其在艺术家们思索如何处理明暗问题时，成为掌控颜色的手段。正如文艺复兴时期的艺术家们将要发现的，调色板范围越大，就越难实现色相和色调的和谐，使得没有任何一种颜色与其他颜色格格不入。通过限制色相的范围，再进一步以低调的土质色料而不是明亮色料来呈现色相，光线和阴影的三维世界就更容易把握了。

一旦该系统就位，它可能就已经从一种技法上的必要转变成审美原则。普林尼毫不掩饰自己在颜色方面偏爱“朴素”甚于“华丽”。罗马对这种传统的继承，可见于（比如）庞贝古城“牧神之家”中的四色“亚历山大”镶嵌画（实际上是尼科马库斯的学生——埃雷特里亚的菲洛克塞诺斯的一幅画的摹本）（彩图3.4）。

然而，纯粹、明亮的色彩在装饰艺术中并没有被回避。它们被希腊人用来修饰建筑物，这一点在奥林索斯古城的红色和黄色中表现得

很明显，时间可追溯到公元前5世纪至前4世纪。埃及蓝玻璃料发现于克里特岛克诺索斯的壁画中，时间可以追溯到公元前2100年前；也发现于古希腊迈锡尼时期（约公元前1400年）的建筑物上，以及希腊文明整个盛衰期的人工制品上。泰奥弗拉斯托斯声称人造的蓝色色料是从埃及进口的，这表明希腊人不知道如何（或不愿费心）制作它。伊特鲁里亚人在公元前6世纪使用埃及蓝，他们之后的罗马人也是如此。这种蓝色不仅发现于庞贝古城的墙壁上，也尘封在这座城市的颜料铺以及罗马画家的墓葬中。欧文·琼斯选用古时的调色板是有充分理由的，尽管普林尼的颜色列表在形式上没有蓝色。

当西方与东方在希腊化时期亚历山大的坩埚中相遇时，化学被点燃了，由此使古典希腊重逻辑思考的世界观与东方偏动手试验的倾向相遇了。同样，当亚历山大帝国在东方发现新的审美和材料时，西方艺术中对色彩的运用也变得更有创意、更为华丽。

例如，明亮的红色矿物辰砂（硫化汞）在西方出现之前很久，在中国就已经用作色料。甚至连埃及人可能都不知道它，在泰奥弗拉斯托斯的时代之前，罕有证据表明辰砂出现在希腊艺术中。靛蓝（indigo）是从印度进口的：希腊人称它为indikon，维特鲁威讲述了罗马人在公元前1世纪如何把它用作艺术家的色料。

印度的“龙象之血”颇不入普林尼法眼，它是从亚洲植物中提取的红色树脂：据某种描述，它来自黄藤属植物血竭（Calamus draco）的果实，不过艺术史学家丹尼尔·汤普森把它归于灌木龙血紫檀（Pterocarpus draco）的树汁。龙作为传说中的源头，在两种情况下都留下了印记。在中世纪，着色剂被称为龙血，并且真被当作龙的血液。普林尼是第一个提到该神话的人。后来它被附加了令人惊骇的意味，正如让·科比丘在他翻译巴塞洛缪·安格里克斯13世纪所著的《论物质的性质》（De Proprietatibus rerum）时指出的：

> 根据阿维森纳［一位阿拉伯炼金术士］的说法，龙将尾巴绕在大象腿上，大象跌坐在龙身上，龙血染红了地面；血流之处，地面即变成辰砂，阿维森纳称之为龙血。[68]

但是，比输入新的“华丽”色料更重要的，或许是波斯和印度色相明亮的艺术美学，它与希腊人的简朴风格恰成对比。正是这种影响导向了拜占庭艺术的绮丽、丰富，后来随历次十字军东征被带到西方后，又激励欧洲人更为大胆地使用颜色。

希腊化时期的文化对混色的态度更为随和，基于经验主义而不是带有误解的教条。公元3世纪阿伏罗底西亚的亚历山大解释了（与亚

里士多德认为的相反）绿色如何从黄色和蓝色中得出，蓝紫色又如何从蓝色和红色中得出。不过，他又说，这些“人造”（混合）颜色无法与大自然中看到的相对应的纯净色相媲美。事实也的确如此，因为混色要想避免鲜明度的损失，就需要有很好的原色。材料的限制抑制了艺术家的能力。

蜡制作品

古典时期的艺术家不用画架，没有调色板，也不是只把画笔应用于平面就创作出一幅作品。对于在木板上绘画，希腊和罗马艺术家用的是蜡画法（encaustic，来自希腊语enkaustikos，意即“烧入”）。蜂蜡被置于煤上加热并与色料（有时是与树脂）混合，再用耐热刮刀将熔融混合物施用到表面上。最后，颜色通过紧贴在绘画表面的热铁被烧入木板。

这种方法有着惊人的生命力，此后的时代一直有人试图恢复它，特别是德国人J. H.明茨在18世纪通过《蜡画法：凯吕斯伯爵的古人风格绘画方法》（Encaustic: Or Count Caylus's Method of Painting in the Manner of the Ancients，1760）一书所做的努力。德国艺术学者马克斯·德尔纳讲述了一位费恩巴赫先生如何在1845年为“庞贝式”蜡画法吹捧一种详细但伪造的配方，其中涉及“蜡、松节油、威尼斯松节油、琥珀上光油和印度橡胶”。

德尔纳说，尽管如此，用蜡画法完成的画有可能“毫无疑问是耐久的”。蜡不变色，并能产生一道质地坚硬、着色强烈的成品表面。它在热而干燥的地中海气候中足够稳定，但转移到北欧的潮湿环境下就不太适应了。据说阿佩利斯发明过一种深色的保护漆，普林尼说，这种漆使他的画色调更为柔和，看起来更自然。

不过，蜡画法不太适用于壁画（普林尼的说法是“与这种用法格格不入”），庞贝的内墙或外墙都不曾发现用过这种画法。（不过，在罗马的图拉真圆柱这样的石制品上照样能看到蜡颜料，蜡层也经常应用于涂饰墙壁，提供保护。）壁画的绘制通常是把色料与一点水和树胶混合起来，涂到潮湿、“新鲜”的灰泥上：这种技术现在以其意大利名字fresco（湿壁画）而为人所知。壁画上用到的灰泥通常由沙子和石灰制成。石灰在干燥过程中与沙子结合，随后在空气中缓慢转化为白色的碳酸钙。色料被当成涂层施用于湿灰泥的倒数第二层上，最后一层薄薄的灰泥则施用于最上面。干燥后，色料便分散并固着于灰

泥中。该方法也容易产生略带白垩外观的颜色。

维特鲁威描述的庞贝湿壁画技术非常详细。施用的灰泥有六层：前三层采用越来越细的沙子，里面三层转而采用研磨过的大理石，以形成坚硬、光泽的表面。墙壁干燥后，被抛光得如同镜面般光滑。这种费力的程序没有虚掷：庞贝的许多壁画历时久远而完好如初（彩图3.5）。其他的壁画则草草完成，用料低廉，所用的色料与胶水混合在一起（胶画颜料），施用于干燥的灰泥墙壁（a secco，如意大利人所说）。以这种方式施用的颜色，手指沾点水就能轻易地擦掉，暴露于阳光和空气后也无法持续很长时间。20世纪的瑞士艺术家阿诺德·勃克林曾在罗马广场参加了一些湿壁画的发掘工作，碎片刚挖出时，其颜色一如新近涂绘，一旦带到露天场所便迅速褪色。有时候，往昔太脆弱了，无法承受我们的注视。

第四章 秘方——炼金术的艺术遗产

每一件用汗水求取并以极高代价获得的珍品，人们通常看得最重、守得最紧，但如果类似的或更好的东西不时出现，或者得来全不费工夫，它们就会以类似或更高的警觉被守护。

——西奥菲勒斯，《论多种技艺》（De diversis artibus，约1122）

简单的物质，有植物的，有矿物的，有黏性的。放在那里慢慢沸腾，在出身高贵的工匠心中的坩埚里，好好搅拌，注意添火。

——乔治·迪蒂，《野兽派画家》（The Fauvist Painters，1950）

本·琼森的戏剧《炼金术士》于1610年在伦敦的环球剧院首演，如果我们从这部剧来判断，会认为炼金术在莎士比亚时期的英国并不怎么受待见。剧中的炼金术士萨布托是一个不知害臊的“逍遥骗子”，一个用东拉西扯把轻信的人弄得晕头转向，再诈取其钱财的大忽悠。毫无疑问，萨布托是一个伪炼金术士，但琼森有可能是想对那些声称自己是真炼金术士的人发出类似的中伤。这样的嘲笑更加一针见血，因为琼森并不是乱竖稻草人的无知门外汉。据说他的炼金术知识“可能除了乔叟和邓恩，比其他任何英国文学大家都要丰富”。当萨布托用难以理解的炼金术语言说话时，他使用的大体上就是与真正炼金术士相同的术语，且并无误用。他很可能是以西蒙·福曼为原型创作出来的，身为一个同时代的伪炼金术士，福曼几次由于诈骗遭到监禁，却设法过着滋润的生活，向伦敦社交界那些轻信女士们兜售春药、魅力以及“许多奇技淫巧”。

乔叟和琼森持相同的怀疑主义。他的《坎特伯雷故事》（约1387）中的教士是一个典型的“吹工”，在烟雾弥漫的实验室里徒劳地制造哲人石，这种石头能将贱金属转化为黄金。在这样的身份下，他

看上去衣衫褴褛，外表邋遢：“外套不值一个小铜币……满是污秽。”正如他的助手在《自由农的故事》中所说的，同行业的其他人比萨布托也好不到哪儿去：这个自由农从前的雇主，通过作假表演贱金属变白银，欺骗了一个贪婪的牧师。

炼金术士作为骗子和江湖郎中的这种流行形象，让化学急于撇开与其前身的关联。但在近代，炼金术开始摆脱污名，因为学术研究已经呈现了一幅有血有肉的图景，让人们更为真实地看到其目标、实践者和遗产。毫无疑问，有许多盗贼和骗子在妄称对炼金术的忠诚；还有一些无知的吹捧者，驱动他们的主要是贪婪而不是好奇心。但是，对于这种秘术的大多数真正的、博学的“熟手”来说，财富不是目标。他们的目标在于对世界本性的探究，其中物质的性质及其转化与人的属性和人的精神生活是不可分割的。

17世纪之前，受过教育的人对炼金术有一些了解是极为常见的。伟大的13世纪学者大阿尔伯图斯[69]和罗杰·培根不仅熟悉炼金术的传统和文献，而且熟悉其实际操作方法；培根的实验技能使他能够改善火药的配方。马丁·路德承认：“炼金术这门艺术……让我着迷……原因在于它的寓意和隐藏的内涵，相当美。”路德的同时代人、瑞士医生帕拉塞尔苏斯经常被视为化学治疗药品之父，他是16世纪最有影响力的炼金术士之一。相比于那些改变了18世纪科学的物理理论，艾萨克·牛顿花在炼金实验上的时间可能更多；但到他那个时代，这种兴趣已经有些被人轻视，牛顿只好极力加以掩饰。

许多艺术家也深谙炼金术之道。奥格斯堡画派的木刻插图师汉斯·威德茨是阿尔布雷希特·丢勒和卢卡斯·克拉纳赫的同时代人，他在1520年的一幅画作中（图4.1）让我们看到了炼金术士最引人入胜的工作场景。丢勒本人还让炼金术的象征主义充满他的铜版雕刻作品《忧郁》（Melancolia，1514）中；这也是克拉纳赫、格吕内瓦尔德和扬·凡·艾克作品的显著特征。它的影响力不仅限于北方：意大利艺术家乔尔乔内、坎帕尼奥拉和帕尔米贾尼诺似乎也将炼金术寓意编织进他们的图画中。

然而，炼金术对艺术的主要影响，并不是作为一种神秘的象征主义的来源。它的起源不在形而上学，而在于古代的实践工艺。炼金术在根本上是一种转化的艺术。它提供了一个理论框架，使实验者能够略为了解火、水、空气、蒸汽和时间等媒介在材料上造成的变化。因为，正如我们已经看到的，这些变化往往伴随着色彩的改变，实际的炼金术成为向艺术家提供人造颜色的手段就不足为奇了。作为一个一贯务实的人，琴尼诺·琴尼尼一次又一次在《艺匠手册》中提到用炼金术来制备色料；没有理由假定，他认为自己不是在告诉读者，他们的

材料能通过工业方式制造。

图4.1 在实验室工作的炼金术士，来自汉斯·威德茨1520年的木刻。用于提高炉火温度的风箱，提醒着人们为什么炼金术士经常被蔑称为“吹工”。

但是，正如“化学家”今天可以表示从事学术研究的科学家或出色的配药师，“炼金术士”也包含许多意思。中世纪艺术家从药材商或药剂师那里购买材料，这些生意人可能是亲手制造了那些色料。他们作为一个群体不同于“制金熟手”（chrysopoeian adepti），后者寻求使铅转化成黄金的秘术，或者纠缠于艺术的哲学和宗教方面。在开创性作品《怀疑的化学家》中，化学家罗伯特·波义耳清楚地表明，在偏于实务的“实验者”和注重理论的“熟手”之间应该画一条线，前者是乔叟所说的吹工，波义耳说他们的大脑里“进了自己炉子里冒出的烟”。波义耳断言，骗子和傻瓜挤满了前一个群体，而后者是态度严肃的业内同行。

至少，这是波义耳想让我们相信的，他自己就渴望成为一个熟手。[70]但是，这种界限肯定更接近于今天经常在制图和美术或技术和科学之间画下的：实验者可能怀有愿望，想获得熟手的地位；熟手把实验者看成粗俗的唯配方是从者。这两种人可能没有共同的目标，但他们依赖着相同的智识资源。在炼金术中，颜色是理论与实践之间的关键连接。这是制金艺术的关键，很难想象在这些努力中获得的发现不会向下过滤，进入色料制造这种平淡无奇的层面。艺术家和炼金术士使用相同的材料不是巧合。

我们必须记住，对于中世纪的普通民众来说，魔法就像在炼金熟手眼中那样真实。魔法被编织进西方文化的质地中，在漫长的数个世纪中，若没有它们，丝线将会散开。它与宗教信仰相融合，这偶尔会

让教会感到不快。绘画首先也是一件与宗教相关的事：既是世俗工艺，也是灵修活动，可以投入与古埃及艺术中类似的精神力量。于是，就难怪画家的颜色可以超越自己的材料特征，具有近乎神圣的意义了。当16世纪威尼斯作家保罗·皮诺把画布上的颜色组合称为“真正的绘画炼金术”时，我们心里得明白，他并不是在以今天流行的肤浅和轻贱的方式使用“炼金术”这个词。他是在有意暗示一种真正的响应，正如艺术史学家马丁·肯普所写的，经由这种响应，材料“神秘地超越了它们各自部分的性质”。

伟大的作品

> 取铜[71]矾……向其中加入元素水和空气。分解，然后根据说明书开始一个月的腐化过程……分离后，很快会看到两种颜色，即白色和红色。红色在白色之上。矾的红色极为强烈，映红了所有白色物体，又染白了所有红色物体，真是太奇妙了。通过蒸馏罐来加工这种色泽，会感觉到出现一种黑色。再次用蒸馏罐处理，重复操作，直到它发白……精馏，直到找到真正的、清晰的“绿狮”……[72]

之前，或者说自中世纪以来，颜色对于化学来说从未如此重要过。我们可以通过颜色变化来识别转化过程（尽管被炼金术士的隐秘术语弄得若隐若现），这些转化正由原始化学家在他们精密的蒸馏器和鹈鹕嘴蒸馏装置上完成。尽管引起了那么多神话般的联想，铜矾不过是蓝色硫酸铜，在很多中小学实验室里都很常见。

颜色是炼金术关于嬗变（transmutation）的信念基础。物质的颜色被视为其内在性质的外在表现。若缺乏这种表面特征以外的许多信息，炼金术士就有充分的理由假定，具有金的外观的金属只能是金子本身。因此我们面临着一个风险，即把真正的确信误认为不诚实。科学家兼历史学家约瑟夫·尼德汉姆指出，伪造黄金和嬗变黄金之间的区别是文化上的，取决于你如何看待自己正在做的事。在古代的化学手册中，欺诈往往不加掩饰：莱顿纸莎草纸中一个用铜伪造金的配方，以宽慰的口吻谈到其难以被识破，而另一个伪造银的配方则警告称，银匠可能会注意到其不同于真银。

染色和着色方面的用语在炼金术文献中随处可见。石头和金属可能像纺织品一般容易“染色”。哲人石本身通常就被称为“染料”（Tincture）。

有人曾提出，这种又名“红色之王”的奇妙的红色物质，不过就是朱砂，是中世纪画家最上等的红色色料。朱砂是硫化汞的合成形式；正如我们之前看到的，其天然形式（矿物辰砂）自古以来就是一种色料。根据颇有影响的8世纪阿拉伯炼金术士贾比尔·伊本·哈扬（西方人熟知的格尔）的传统，硫和汞（中世纪作家称之为“水银”）是所有金属形成的基本“要素”（principle）。在贾比尔的体系中，铅这样的贱金属与金的区别，仅在于它们当中这两种要素的相对比例，因此贱金属可以通过调整混合方式而提升为金。大阿尔伯图斯写道：“不妨说，在金属的构成中，硫像是男性精液这种物质，水银像是月经液，两者共同凝固成胚胎物质。”[73]在黄金中，两种要素达到了完美的平衡，其黄色色调归因于硫的存在。因此，朱砂显然包含实现所有金属嬗变所必需的两种成分。

但我们必须小心，朱砂的硫和汞与贾比尔的硫和水银完全不一样。这些要素是“微妙”的、无形的物质，来自泥土的硫和汞不过是其腐化的幻影。因此，朱砂是否曾在任何时候真正被视为染料，是高度存疑的，特别是考虑到它比较容易制造。事实上，一些哲人石的配方，仅使用辰砂作为初始材料。

作为基本物质的结合物，朱砂依然对炼金术士有着无可争议的吸引力，而关于其合成的知识就来自这些炼金术士的著作。这项工艺可能是在中国发明的，公元300年前后，希腊化时期的炼金术士——帕诺波利斯的佐西莫斯暗示他知道此工艺。不过，对此工艺的首次清晰描述出现在公元8世纪或9世纪初的手稿《着色配方》（Compositiones ad tingenda）中。被归于贾比尔名下的作品还提到汞和硫如何结合，形成一种红色物质，而9世纪文本《绘画小窍门》（Mappae clavicula）中包括了制作该物质的两种配方。

所有这一切必然为画家提供了便利，这些画家认为合成的硫化汞优于辰砂。琴尼诺说，色料“是由炼金术制成的，在蒸馏罐［一种封闭器皿］中制备”。但他并不关心这个过程引起的象征性联想，并且拒绝将技术细节与斥之为“太冗长乏味”的轻蔑评论联系起来。他建议买现成的，而且要买一整块的，因为不择手段的药剂师会用红铅或砖粉稀释这种珍贵物质。

本笃会修士西奥菲勒斯（赫尔玛绍森的罗杰）在技术手册《论多种技艺》中更为豪迈，描述了一种更为激烈的炼金术合成方式，其中硫和汞被放置在密封的锅内，埋没于“燃烧的煤”中。他说：“汞和燃烧的硫黄融合时，能听到里面猛烈的碰撞声。”也许让西奥菲勒斯更为心驰神往的是神秘的事物：朱砂的制造在12世纪的欧洲仍然是新生事物，而到琴尼诺生活的时代已经司空见惯。

丹尼尔·汤普森认为朱砂的合成是中世纪绘画领域技术创新的核心：

> 没有其他哪种科学发明像这种颜料的发明那样，对绘画实践具有如此巨大和持久的影响……中世纪如果没有这种鲜艳的红色，几乎不可能提出他们所崇尚的着色标准；对于在12世纪及其后登场的其他鲜艳色彩，其发明也就没有那么多用武之地了。[74]

朱砂当然是中世纪的红色之王。在中世纪早期的手稿中，朱砂用得很少；直到至少11世纪，用朱砂来涂覆页面仍然像使用黄金那样昂贵。但是到了15世纪初，它被大肆应用（彩图4.1），而在文艺复兴时期，它则无所不在。

如西奥菲勒斯所述，这些图画中的色料是通过直接合成元素来制成的，此即所谓的“干燥法”。该方法通常产生一块固体红色朱砂。琴尼诺说：“如果你每天研磨，坚持二十年，颜色还会变得更精细、更漂亮。”

这种干燥合成法后来在荷兰进行了改进，荷兰在17世纪成为欧洲朱砂制造的重镇。在荷兰方法中，汞和硫结合形成黑色形式的硫化汞，有时被称为黑色硫化汞（Aethiops mineralis），它具有与红色形式略为不同的晶体结构。这种黑色材料随后被粉碎并通过武火加热来升华，由此便转变为红色朱砂。

1687年，一位名叫戈特弗里德·舒尔茨的德国化学家发现，通过在硫化铵或硫化钾溶液中加热黑剂矿物，可将它转变成红色朱砂。这种“潮湿”法与荷兰方法相比不那么费力，成本也更低，并且与干燥法获得的偏蓝的红色相比，能产生颗粒大小均匀、颜色为橙红色的更细粉末。今天西方世界的大多数朱砂都是用潮湿法制造的。

制作染料

有很好的理由认为，红色在中世纪既是化学也是艺术的主要色调。炼金术赋予红色特殊的意义。它是金子的“颜色”（金子越红越漂亮），代表着“伟大作品”的巅峰：哲人石的创生。“红色在炼金术士的作品中长存。”15世纪的炼金术士——布里斯托尔的诺顿如是说。

这种传说中的物质的制备，在多份幸存的中世纪文本中都有描

述。一般来说，这些配方声称，特定的颜色变化次序说明工作在顺利进行。在最终出现红色之前，这些转化过程通常应该生成古典世界的其他三种主要颜色，即黑色、白色和黄色，顺序也是如此。

1934年，美国化学家阿瑟·霍普金斯试图揭示炼金术士所进行的实际化学转化过程，认为关键的颜色序列是黑——白——黄——紫——这是佐西莫斯描述的过程。根据霍普金斯的说法，炼金术士的工作始于铅、锡、铜和铁的黑色合金，即四元素（tetrasoma）或四元体。加入砷或汞后，会形成白色表面涂层。加入金或“硫黄水”（硫化氢溶液），则变成了黄色。iosis的最后一步产生一种紫色，霍普金斯认为它是一种紫青铜色的含金合金。

一些研究炼金术的现代学者已经断言，iosis是指红色而不是紫色物质的形成。但对中世纪学者来说，这一区别无甚意义，因为紫色通常被视为红色的一种。例如，中世纪的红色色料华铁丹（sinoper）就同时被称为斑岩（porphyry），在希腊语中表示紫色。并且看起来很有可能的是，中世纪的熟手会在制金先后顺序与古代四重颜色的关联中感受到象征意义。因此，在蒸馏罐中出现的不论是亮红色还是深紫色，都可能被当作实验成功的标志。这就难怪，一个熟手可能在试验与另一人完全不同的一组化合物。

砷和铅都能形成简单的化合物，这些化合物可以在红色、黄色、白色和黑色材料之间相互转化，其中的一部分则为艺术家所用。对于炼金熟手来说，砷（当时还不被视为独立元素）的一个吸引人之处就在于，它通常被混淆于硫黄。黄色的硫化砷，也就是雌黄，通常被当作纯硫黄的变化形式。它是在天然的矿物形式中发现的，但艺术家更喜欢合成的。琴尼诺认为这种合成留给炼金术士来完成再合适不过，因为雌黄“真有毒性”，画家应该“当心被它弄脏了嘴”。至于雄黄，橙色形式的硫化砷，“不要与之为伴……自己当心”。

我们可以推测，铅如果不是因为一项缺点，即它的化合物更难以仅仅通过加热来净化，就会对炼金术士具有类似的吸引力。铅也可以通过涉及加热的化学转化过程，在黑色（金属铅和二氧化铅）、白色（白铅）、黄色（铅黄：一氧化铅）和红色（红铅：四氧化铅）几种形式之间相互转化。红铅有着与朱砂或辰砂相同的橙色色调，两者在很多情况下都容易混淆。乔治·阿格里科拉在《论矿冶》（De re metallica，1556）一书中将红铅称为minium；但是对普林尼来说，minium表示的是辰砂，红铅只是minium secondarium。由于人们通常会在研磨过的朱砂中掺入更为廉价的铅色料，这种区别可能变得更为模糊。

红铅也会与雄黄（普林尼的“山达脂”）混合。琴尼诺提到一种叫作红土（cinabrese）的红色色料，它显然与辰砂（cinnabar）无关，而与思想古典的普林尼更为钟爱的红赭石华铁丹（sinoper）有关，这就造成了更多混乱。丹尼尔·汤普森说：“关于红色的中世纪术语极为混乱。Minium、miltos、cinabrum、sinopis和sandaracca互相纠缠，如一团乱麻”——在这团乱麻中我们还可以加上之前提到的朱砂和vermiculum的问题。没有理由认为，炼金术士比制作和提供艺术家颜料的药剂师和药材商，或者比书写这些颜料的学者更清楚这些区别。

对色料制造给出的配方，若仔细察看，就会发现其中来自炼金术的影响不仅是实用方面的，也有理论方面的。对于朱砂的合成，若干来源（包括西奥菲勒斯和大阿尔伯图斯）推荐的硫与汞的比例，与它们在这种化合物中的实际比例并不一致。按重量来算，该物质所含的汞是硫的6倍略多；但中世纪的配方规定的比例通常为2:1。实际动手操作的炼金术士当然足够内行，能发现此量级的误差，这从他们的烧瓶中未反应的硫残余物中就能明显看出；然而很显然，他们仍然固守着“错误”的量。如果假设等量的硫和汞对于从制金方面实现完美“平衡”来说是必要的，这一点就变得合理了。这符合根据亚里士多德元素体系所假定的相对重量而得出的2:1比例，该体系是所有中世纪炼金术的基础。由此看来，配方可能是为了满足理论标准而故意错写的。西奥菲勒斯和其他手册作者是知道这些考虑因素，还是仅仅是延续了从炼金术来源拾取的错误，这一点尚不清楚。

艺术品保护工作者斯皮克·巴克洛提出，西奥菲勒斯和琴尼诺记录的其他一些色料配方也可以用炼金术理论来解释。西奥菲勒斯讲述了如何制作一种叫作西班牙金（这个名字立刻就让人想到其与摩尔人，进而与炼金术的渊源）的颜色。在他的手册中给出的明智的实用建议中，西奥菲勒斯的配方似乎受累于纯粹的魔法思维的爆发：“还有一种黄金名为西班牙金，由红铜、蛇怪药、人血和醋复合而成。精于此道的异教徒就以这种方式自己培育蛇怪……”[75]他随后又解释了这些神话般的生物如何由以面包为食的蟾蜍从鸡蛋中孵化出来。“当鸡蛋孵化时，生出的是与母鸡孵出的小鸡并无区别的小公鸡，但七天后它们就会长出蛇尾。”同时，血必须来自红发男人，必须加以干燥、研磨。当然，在12世纪对蛇怪的认知中，没有什么显得特别奇怪，不过巴克洛认为，这可以被看作一个寓言，象征着从红色“硫”（血液）和白色“汞”（蛇怪灰）中制备炼金药。无疑，把这种色料称为“一种黄金”，表明作者觉得没有理由将其与黄金本身区分开。

巴克洛还假定炼金术对黄色色料，例如马赛克金和铅锡黄的一些

配方产生了影响。它们的成分可以解释为比喻性的硫黄和汞，与第三种“要素”即盐的结合。这种三重组合由帕拉塞尔苏斯普及，但它的起源可能更为久远。

甚至在罗伯特·波义耳的作品中，炼金术理论和色料制造也有交叉。在《形式和质量的源头》（Origine of Formes and Qualities，1666）一书中，波义耳描述了从铜金属中提取蓝色染料，留下的白色金属残余物“完全相当于银”。在17世纪，为金属着色（在这种情况下或者叫漂白）的想法显然很活跃，也很成熟。[76]

阅读大自然的秘密

炼金术士的著作与西奥菲勒斯和琴尼诺朴实的配方列表之间反差明显，前者充斥着晦涩的术语和象征主义，就是不想让外行看懂，后者以平实的词语谈论同样的化学转化，其语调就像在描述如何制作雕刻工具、教堂风琴、刷了水性涂料的墙壁以及躯干石膏。然而，作为古代和中世纪色料制造知识来源的许多工匠手册，例如莱顿和斯德哥尔摩纸莎草纸，都直接源于炼金术传统。

被模棱两可地称为“秘密之书”的技术手册，在中世纪早期相当普遍。这些作品是些奇异的选集，整理医学和烹饪配方，以及镀金和彩色玻璃制作等工艺的实用诀窍，再与魔法处方、社交手腕和实用笑话结合在一起。它们来自百科全书编纂的悠久传统，可以远远地追溯到亚述文明，涵盖罗马作家如普林尼的《博物志》这样的综述性作品。在他们的时代，这些手册被认为是通往古代世界浩瀚知识的捷径。

在希腊化时期的埃及，由于沉浸于炼金术中，这些集录在形式上变得更为隐蔽。普林尼的《博物志》只想描述自然，而埃及的炼金术或“赫耳墨斯”汇编作品对自然世界采取不同的态度。它们声称，古人知道的科学真理不能通过理性探究或从铭文文献中获得，而只能来自神启。这给莱顿和斯德哥尔摩纸莎草纸蒙上了一层明显的暧昧气息。表面上看，它们只是平实的配方列表。然而，这些文本似乎来自一篇公元1世纪的炼金术论文，题为《物理和神秘》（Physica etmystica），作者是孟地斯的波洛斯。纸莎草纸的作者可能是一位炼金术士，但其作品已经失去了《物理和神秘》的神秘气息；在《物理和神秘》中，所有的配方都会附上以下神秘声明：“一种性质在另一种性质中获得愉悦，一种性质胜过另一种性质，一种性质支配另一种性质。”

在中世纪早期的技术工艺手册中，这种炼金术或秘术的理论成分已经萎缩，剩下的实际上是一种奇怪的混合物。配方还在，不过是从旧文本中连抄带编剽窃来的；它们为工匠提供指导的效用已经很成问题。这些手册抄得潦草，如工程师兼历史学家西里尔·斯坦利·史密斯所说，是“从苦役而不是灵感中来的”；它们变得混乱不堪，几乎无法作为“如何操作”的教学手册。从手册长期遗留的误解中明显可以看出，作者们在艺术上没有什么实践经验：他们是被征作抄写员的修士，也许对材料完全没有兴趣。这些书中的机械处方是对古代知识和技术的扭曲反映，少有证据表明它们是在工坊环境中摸索试错得来的。

那么它们想要实现的目的是什么？可能相当深奥。这些书不再明确地具有魔法色彩，却显然被当作解开古典世界遗失的智慧的“钥匙”。对于中世纪早期的修士来说，这种知识近于神圣。亚里士多德的话（或者中世纪的人所看到的任何版本）几乎具有神启般的权威，对其怀有异议俨然就是异端。这类知识汇集在一起的作品之一是《绘画小窍门》，它源于9世纪的意大利南部。该作品只有片段存世，其中一些还是后来的抄本。“窍门”在这里不应该被理解为一步一步的指令，尽管全书充满着制作色料、彩色玻璃等的配方。毋宁说，这窍门像钥匙一般开启了古代人的洞察力。或者至少，那些想必把文本保存在图书馆中、提及时满怀恭敬的修士是如此希望的：“正如没有钥匙不可能进入上锁的房间……没有这一评注，所有出现在神圣作品中的东西将会带给读者排斥和黑暗的感觉。”[77]

这些作品相当重复，多属仿作：《绘画小窍门》中的配方可以在数十份后来的手稿中发现，并且可以在稍早的手稿，即8世纪或9世纪早期的《着色配方》中得到确认——该书本身就与亚历山大的炼金术作品相关。在意大利修士赫拉克利乌斯的10世纪作品《论罗马人的颜色和艺术》（De coloribus et artibus Romanorum）中，认为这些作品是“钥匙”的言外之意就尤为明确。他说：

> 谁现在能够告诉我们，这些智力强大的能工巧匠为自己发现了什么？凭借强大的美德握着心灵钥匙的人，把人的虔诚之心分散在各种艺术之中。[78]

这些手稿显然来自神秘的传统，该传统用如下告诫划定了圈子：不要让这项深奥的知识落入粗俗之辈的手中。《绘画小窍门》的作者发誓，他不会把知识传给任何人，除了自己的儿子，“在他第一次判断儿子的性格，确定儿子是否能对这些东西有虔诚和公正的情感，并能守护好它们之后”。

尽管缺乏灵感，这些汇编还是提供了对中世纪化学的珍贵见解。例如，《着色配方》为硫酸铁引入了“矾”一词，随后它又与酸联系在一起。《绘画小窍门》12世纪的一个版本中包括蒸馏酒精，即燃烧的“水”的配方。

随着艺术和工艺在中世纪变得越来越世俗化，绘画职业从修士转移到外行的生意人手中，对于传递“自然的秘密”要暗中进行这一点，也就是嘴上说说罢了。事实上，“秘密之书”变成了一个类别，在此类别中，被禁的知识这一提示本身被用作营销策略。写作者能以普及的方式重复利用这些推定的艰深知识来谋生。由瓦尔特·赫尔曼·瑞夫翻译、假托大阿尔伯图斯之名所写的《妇女的秘密》（Secreta mulierum）德语版，出了30版之多，在16世纪的德国极为畅销。印刷的出现将这样的努力变成当时的大众科学，产生了大量在16世纪和17世纪变得极为常见的德语“技能小册子”（Kunstbüchlein）。

这些小册子中有一部分大量引用了阿莱西奥·皮耶蒙泰塞［可能是意大利作家吉罗拉莫·鲁谢利（1500——约1566）取的笔名］的《秘密之书》（Secreti，1555），并以个人的传奇历史收尾，试图为自己的作品增色。这些“秘密”都是凡俗物事：烧伤、咬伤、创痛、发烧和疣子的医学治疗，香水、底粉和肥皂等家庭用品的配方。（在16世纪，医生科尔内留斯·阿格里帕讲了一句谚语：“每个炼金术士不是医生就是做肥皂的。”）但是，《秘密之书》中随处可见为工匠写的技术程序，包括群青的配方和对意大利艺术家所用方法的描述。该书的各种译本可能是北欧画家和工匠关于这些问题的主要信息来源。

从修士到行会会员

与这种在艺术和手工艺中传播技术知识的起伏历程不同，西奥菲勒斯的书以不寻常的直率和清晰独树一帜。它不是从古代书籍中随意抓取片段进行汇集，而是系统地呈现了执业艺术家的技术。事实上，与多数配方合集的作者不同，西奥菲勒斯是一个实际动手的艺术家：他的配方是从经验中得来的。没有保密的要求，只有对开放的呼吁：“请［匠人们］不要把天赋隐藏在嫉妒里，也不要隐藏在自私心灵的储藏室里……让他就这样愉快地分给那些想要的人。”[79]对于西奥菲勒斯来说，艺术是一项虔诚的活动，其目的是荣耀上帝。在这方面他列举了12世纪的那位画家：一名修士，其作品全是关于宗教的，他本人在包括手抄本彩饰和金属制品在内的多种艺术与工艺方面都颇有才华。所有这些，包括绘画，都是匿名进行的：作为虔诚冥思，而

不是提升自我的机缘。在中世纪早期，即使是世俗作品通常也没有署名。这一时期宗教艺术中最大的一部分就是由彩饰手抄本组成的，那是无数默默无闻的修士充满艰辛又往往华丽无比的工作成果。

西奥菲勒斯的书中几乎闭口不谈设计和构图。重点全部放在技术和材料上，让人更加强烈地认为，修道院的绘画多数是刻板的。修士不需要有准则来指导如何构成场景，他只是复制其他场景。此外，他对风格和材料的选择反映的是对世界的观点，在这个世界中，圣像和图像不仅仅是献身的象征，而且被赋予了介入日常生活的力量。许多彩饰图案描绘了正在绘制圣母马利亚画像的画家被从不幸中拯救。其中一幅来自13世纪卡斯蒂利亚国王“智者”阿方索十世所编的《圣母马利亚歌曲集》（Las Cantigas），在这幅画中，魔鬼使画家的脚手架倒塌，但画家抓住正在绘制的圣母像而没有坠落（图4.2）。不要因为其类似于娱乐连环漫画而被误导，这样的场景表明，精心绘制的圣像或图画被认为具有真正的宗教功能。艺术家使用珍贵的材料，比如黄金和群青，并不简单意味着希望通过昂贵的费用来显示虔诚，而是揭示了一种希望，即作品的超自然效力能得到加强。

但在11世纪和14世纪之间，绘画实践从修道院转移到城镇，在那里由“业余的专业人士”来从事，这些人认为自己是手艺人，拥有待价而沽的技能。不可避免地，这对工作实践及其所产生的艺术品都有影响。修道院画匠和业余工匠之间的区别有时被夸大了：世俗画家有时会被修道院雇用，结果一直待下来便成了修士。不过，画家越来越成为一种职业人士：在英国他们被称为peynturs。跟其他任何行业一样，他们遵循着职业之道。和木工、陶匠、面包师、织工一样，画家有偿提供自己的熟练技术。他们绝没有高高在上地要求用面包师的烤炉制作木炭，以作黑色色料。画家也不会嘲笑厨师，他们之间有许多共同的技能。琴尼诺认为画家们知道，当他说石膏应该像面糊那样制作时是什么意思。

从修士到工匠的过渡带来的一个结果，是专业化得到了增强。画家就是画家，不能再混同于彩饰作者、染匠以及木材和金属工人。这种分工由行会严格贯彻，行会的成立就是为了保护手艺人有活可做，让他们免遭竞争，消除经济上的不确定性；邀请画家为书页绘制彩饰是绝对禁止的。甚至在画家之间，也进行了细致的区分。在15世纪的西班牙，人们可以发现分别专攻祭坛画、织物画和室内装饰的画家。与这些分工相伴的是一种行业等级，在其中地位往往反映着材料的价值。金匠是最有威望也最有权力的工匠，画家地位要低一些，木工更为卑微。行会所做的限制禁止把最有价值的色料，如群青，用在粗俗的用途，如绘制扑克牌、推车或“鹦鹉栖木”上。因此，这些有价值的

色料在确立画家的社会地位方面发挥了作用：使用精细材料符合他们的利益。

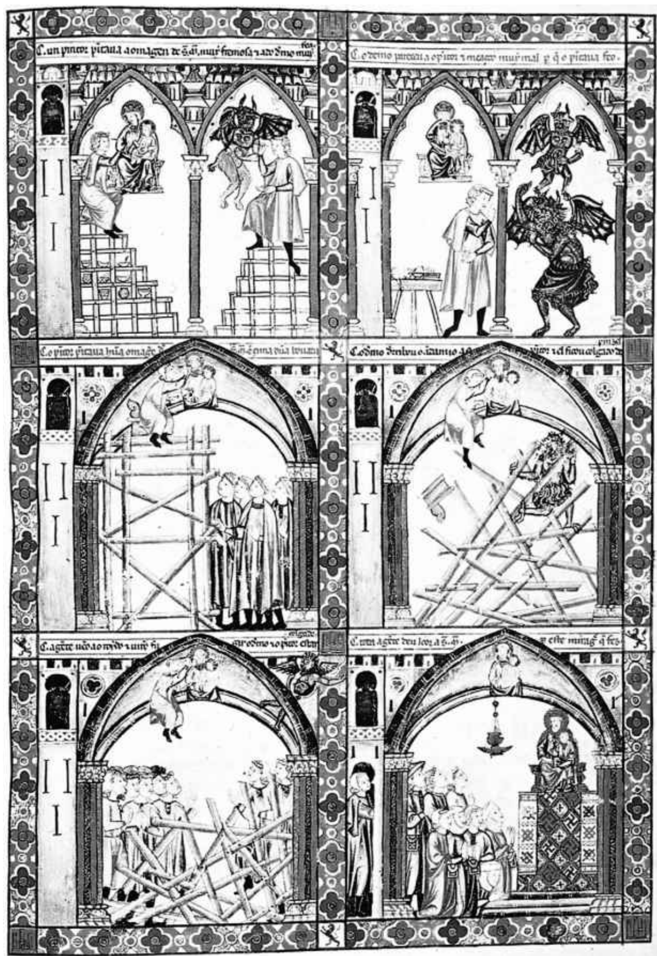


图4.2 一位正在绘制圣母马利亚画像的画家，在魔鬼拆除脚手架后被救，免于坠落。画像本身的力量就能提供保护。

然而，绘画艺术仍然被视为一个机械过程。其中当然有优劣之分，但画家的任务是满足合约的规定，而不是让艺术灵感信马由缰。是雇主，即赞助人，在发号施令。最初，业余画家的赞助人若不是教会，往往就是皇家或贵族，画家可能发现自己从属于某个王室。但是随着中世纪晚期出现了一个繁荣的中产阶级，赞助人基础扩大了，艺术家可以在社会的商业阶层中找到委托其作画的人。

赞助人并没有很明显的独特品味。通常，他们可能会要求模仿另一幅让自己着迷的画。艺术家可能在执行指定给他的主题时找到个人才能施展的空间，但在这种体制下，保守画法是当时的主流。赞助人在确定图像主题方面就是这么强势，以至于在中世纪术语中赞助成了“设计”的同义词。

而且，赞助人通常会指定要使用的材料，一般会坚持要最奢华和华丽的——同时要求画家收费合理。赞助人甚至会决定艺术家从哪个供应商那里购买材料：或者通过合约中的书面协议，或者通过为最好的色料指定价格，以确保艺术家不会试图以较低的成本购买次品。赞助人还可能邀请评估人，来确认画家是否遵循了关于色料的合约义务。

不过，许多赞助人并不反对节俭。画家行会往往不得不为他们的会员主张权利，让会员在赞助人想要少花钱来完工时，被允许使用优良、纯粹的材料。

行会的会员资格是通过学徒期获得的。有抱负的画家会在工坊中度过通常四到八年的学徒期，和所有学徒一样，他们一开始都会做最卑微的工作，例如研磨色料和制作胶水。色料的研磨特别艰难，又很耗时，画家在为受托任务制订的工作计划中，可能仅仅为这项工作就要留出数天的时间（彩图4.2）。为了成为容易拿到合约的“绘画大师”，学徒会向行会提交一件“大师作品”（master piece）以求批准。奇怪的是，这个词后来逐渐指一个艺术家最成功的作品，而不是指其第一次试图获得承认。[80-0]

工坊会作为团体共同承担受托的任务，就像一群建筑工人或者茅屋工匠曾经（现在仍然）集体完成一项工事。大师，又称magister，负责工作的总体执行，学徒们则有同样的职责把颜料施用到表面上，甚至职责更大。因此，在后来的中世纪艺术中出现的署名就只是行业图章，显示的是该工坊里大师的名字。这种传统的训练方式几乎不看重个人才华或灵感：一个人成为画家，不过就是通过勤奋、专注以及追随大师提出的要求。“技能”，即西奥菲勒斯所称的ingenium，是勤奋的产物。

琴尼诺的《艺匠手册》正是在这种后期的社会背景下撰写的。他说，这本书是“给任何想要进入这个行业的人看的，让他们有丰厚的回报”，而不是为了更多地荣耀神。对琴尼诺来说，驱使人成为艺术家的灵感不是神启，尽管他会乞灵于“全能的上帝，包括圣父、圣子和圣灵”。不，那不过是艺术创作中的喜悦，虽然经济上的动机也不该受到嘲笑：

> 有些人走这条路，是出于经济拮据和养家需要，想要获利，也是为了职业热情；在这一切之上，应该赞美的是那些出于热情和兴奋的感觉而进入该行业的人们。[80]

这种人文精神与此后的文艺复兴遥遥呼应。然而，琴尼诺的书虽是14世纪晚期的作品，他的视野仍然扎根于中世纪，他的方法和态度显示出与近三个世纪前西奥菲勒斯描述的中世纪实践一脉相承。

未完工的作品

手艺人对艺术的态度反映在中世纪艺术家的作品中。这些作品通常是功能性的和装饰性的：画在祭坛上、墙壁上、书页里，而不是挂在美术馆里。这证明了人类在创造力上的本能，即确定无疑的伟大艺术某种程度上可以“在工作中”产生。

中世纪绘画的主要表面是羊皮纸：犊牛、山羊、绵羊和鹿的皮，经干燥、拉伸和打磨，变得精致而平滑——进行化学处理也不少见。要施上碱，把油转化成可溶性皂状盐，从而把它们提炼出来。还要用到明矾，使材料变硬。羊皮纸使用前可能会染色。在色彩最为华丽的作品中，整页整页都用“蛾螺红”涂成鲜艳的紫色，这是著名的推罗紫的一种变化形式，与黄色金箔对比反而更鲜明。

但是，幸存至今的中世纪大型绘画，多数是呈现在木头上，加以雕刻和装饰，经常与两个或更多的铰接木板连接成多联画。木材首先用胶料涂覆，然后用几层底料涂覆，这是一种类似于石膏的底部涂层，可使木材表面光滑。底料由白垩、石膏（硫酸钙）或雪花石膏组成，与胶或明胶结合，使膏剂变硬。细底料（gesso sottile）用于不宜模糊的精细雕刻区域，粗底料（gesso grosso）用于平涂区域。

底料的制备和施用是一道乏味的工序，因此适合学徒。它却是整个过程的核心和重要的部分，琴尼诺对其操作给出了极为详细的说明。其化学过程绝不是琐碎细微的。普通的熟石膏，是通过加热石膏或雪花石膏来驱除一些结合在矿物结构中的水而制成的。向制成粉末的矿物中加水能使其重新结晶和固化，但是这种重新结晶如果发生在明胶或胶这样的胶料中，速度就会更慢，晶体会更牢固地粘接在一起，结果是形成的固体更硬。

绘于石膏上的壁画在中世纪也极为常见，在教堂以及私人大厅和宫殿中都有。只要墙壁没有暴露于潮湿环境，湿石膏上绘制的壁画效

果就会相当可靠；但它需要画家在石膏仍然潮湿时快速完工。奇怪的是，一些画家认为只有天然矿物色料性质才足够稳定，可以在壁画中使用——这种区分在很大程度上是错的，可能严重限制了壁画家的调色板；这些壁画家注意到了一些建议，如意大利人G. B. 阿尔梅尼尼在1587年提出的：

> 人造色料在湿壁画中从来就不好用，也没有任何技术可以使它们长久不变色……就让愚笨的画家守着自己运用朱砂和上好色淀的秘密吧，没有人羡慕他们；总有一天，他们的画会变成丑陋的涂鸦。[81]

琴尼诺本人经由乔托的教子塔代奥·加迪和塔代奥的儿子阿尼奥洛（琴尼诺的老师），自豪地把他的湿壁画技术追溯到了佛罗伦萨艺术家乔托·迪·邦多纳（约1266—1337）。乔托在帕多瓦的阿雷纳礼拜堂有一幅湿壁画（约1305）（彩图4.3），其中的蓝色天空今天仍然光彩照人，正如14世纪时参观者得到保证能在炼狱中少待一年零四十天时那样。

乔托也是干壁画绘画大师，他在佛罗伦萨佩鲁齐礼拜堂的作品就是明证。这种技术与木板画[82]一样，需要为色料提供黏合剂或坦培拉。坦培拉（来自拉丁语temperare，意为混合）把色料颗粒稳定于适当的位置。在意大利，直到15世纪，木板画的主要黏合剂都是蛋黄。色料与蛋黄和少量水混合形成流体色浆，干燥后形成不透明、光滑且耐久的成品表面。蛋黄是天然乳剂，是分散在水中的油性水滴。中世纪的画家可能会把多种物质添加到鸡蛋坦培拉中，以提升其效能。例如加入醋，部分用以防腐（其酸性能抑制某些细菌），部分是为抵消过度的油性（这使得颜料难以施用）。无花果树汁、肥皂、蜂蜜和糖在各个时代的多种配方中曾被提及，但20世纪旧式绘画技法权威马克斯·德尔纳反对如此掺杂：“坦培拉的配方无穷无尽，数量多得令人难以置信。其中多数不仅是无用的，而且无疑是有害的。”

鸡蛋坦培拉干得比较快，艺术家必须迅速作画，特别是在调和不同色彩时。干燥的、经年的坦培拉颜料实际上是防水的，如果制备得巧妙，褪色比油画颜料还慢。中世纪坦培拉木板画中的部分色彩比文艺复兴油画中的色彩还要生动。另一方面，由于这种颜料缺乏油料的柔韧性，木板如果由于温度或湿度的变化而膨胀或收缩，则容易裂开。

琴尼诺提供了鸡蛋坦培拉的多个处方，他的书在19世纪的重现和翻译，再度唤起了对此种画法的兴趣。他不是推荐把蛋黄用作万能的黏合剂，而是推荐只把它用于特定色料，因为其相容性部分取决于蛋

黄如何影响色料的光学性能。琴尼诺警告说，一些色料，如蓝色和某些混合而成的绿色，只能与胶料（主要是明胶和胶水）一起使用，通过将羊皮纸或兔皮的剪屑或碎片煮熟制成。与鸡蛋坦培拉不同，色料悬浮在胶料中的颜料通常称为“胶画颜料”。

蛋清用作彩饰手抄本的黏合剂时，名为蛋清胶。它通过敲打而液化，再被静置或用海绵反复挤压。11世纪的手稿《论亮度》（De clarea）提醒了敲打不足可能发生的危险：“与色彩混合时，会使色彩像线一般连成一串，完全被毁。”

油画的起源问题相当复杂，且充满争议，我将在下一章再谈。在这里只需说明，虽然油画技巧是在15世纪和16世纪，即文艺复兴盛期在整个欧洲变得极为出色的，还是有明确证据表明其在更早期就得到运用，特别是在北欧。但油性颜料长期以来被认为是一种劣等媒介，只适合要求不高的室内装饰：西奥菲勒斯描述了亚麻籽油被当作黏合剂，用在“把门涂红”的涂料中。

中世纪的颜色

西奥菲勒斯在这段文字中提到的红色色料是红丹和辰砂，和大多数其他中世纪色料一样，它们是从古代传下来的。然而，也有新的发现，而且炼金术在颜色创新和提供制造颜料的系统技术两方面都发挥了重要作用。

近处和远方的蓝色

这些新色料中最显赫的是浓郁的蓝色群青，经由费力的过程（我将在第十章更详细地讨论）从蓝色矿物青金石中制成。从埃及文明的开端起，这种半宝石就被广泛用作装饰品，但没有迹象表明，它在古代被用作色料。似乎可能的是，提取蓝色色料的工艺是由炼金术士发明的。

青金石主要发现于东方。在整个中世纪，其主要矿藏在阿富汗，那里的一些6世纪和7世纪的壁画中发现了一种粗糙的群青。它在西方的使用直到14世纪才变得普遍。这个名字反映了该色料身为远途进口物品的地位：1464年，意大利的A. A. 菲拉雷特在《论建筑》

（Trattato dell'Architettura）中写道："上好的蓝色来源于石头，来自辽阔的海洋，因此被称为群青。"再考虑到提取过程的难度，这就意味着此种色料相当昂贵且备受珍视。

蓝铜矿作为一种"碱式"碳酸铜，是一种成本更低（但绝对算不上便宜）的蓝色。它的来源更接近于西方艺术家的故乡：其矿藏位于法国东部、匈牙利、德国和西班牙。罗马人使用它：对普林尼来说此矿物被称为lapis armenius，反映了它的亚美尼亚渊源。蓝铜矿在中世纪英国经常被称为德国蔚蓝（azure of Almayne）；德国人自己称之为Bergblau，即"山蓝"。阿尔布雷希特·丢勒和他的大部分同胞一样，主要依靠当地的蓝铜矿作为最好的蓝色，正如卡斯帕·沙伊特在1552年的一首诗中所赞颂的：

数日之后，

他们跨过萨尔河。

毗邻此地，有座蓝色山峦，

丢勒调色板上的颜色

在他生前就取自这里。[83]

在中世纪，表示"蔚蓝"（azure，来自中世纪拉丁语lazurium，其本身又来自波斯语lajoard，即"蓝色"）的颜色可以同时指蓝铜矿或一般的蓝色：当一个颜色术语本身附着于（或来源于）某种材料时，就会产生这样的语义模糊。蓝铜矿与青金石有可能混淆是显而易见的：两者名义上被区别为"来自海这边的蓝色"（citramarine azure）和"来自海那边的蓝色"（ultramarine azure），且化学成分迥异，但外观相似。要区分开它们，细心的药剂师或颜料制造师会加热矿物碎片的一个小样品，直到它变得又红又烫：蓝铜矿在冷却时变黑，而青金石不会。这项测试在中世纪的许多汇编本中都曾提到；事实上，赫拉克利乌斯甚至提出把它作为一种手段，来制备绘制瓶子用的黑色，虽然很难相信，许多工匠会甘愿以这种方式浪费宝贵的蓝铜矿。同时，画家不得不时时警惕，以避免受骗或仅仅是产生误解：有人提出，丢勒有时会用蓝铜矿作画，但他认为那是群青。事情的复杂性在15世纪的博洛尼亚手稿《颜色的秘密》（Segreti Per Colori）中显而易见，这份手稿中整页整页都是制备"各种天然蔚蓝"的多样配方，极少明确提及它们矿物来源的不同之处。

如果精细研磨，蓝铜矿会显出一种淡淡的天蓝色相，带有一丝绿

色——对描绘天空极为理想，但不如群青那丰富的紫色。要想色调更深，则需要研磨得粗糙些，这样会使色料难以施用且略呈半透明状。随后则要用到与胶类似的胶料，而不是鸡蛋坦培拉，来牢固地固定住大颗粒，并且需要有多个涂层来产生饱和的不透明颜色。产生的效果可能相当漂亮，每个粗颗粒都闪闪发光，就像一块块小宝石。中世纪的许多合约中都指定使用蓝铜矿，如果使用的是群青，那就是奢华的巅峰了。

在圣巴塞洛缪大师绘制的《圣彼得和圣多萝西》（Saints Peter and Dorothy，约1505—1510）中，艺术家使用了两种不同等级的蓝铜矿来获得不同的颜色。圣彼得的长袍是一种浓烈的深蓝色，用最上等的蓝铜矿来表现，大师想必耗资不菲（彩图4.4）。但是绿色袖口使用的是更便宜的等级，其中较亮的暗部是由尺寸小一些的色料颗粒形成的。

中世纪艺术家所用蓝色的其他来源是染料，即菘蓝和靛蓝。它们的色调偏绿或偏黑，不是特别吸引人，虽然在用白色提亮以后这种颜色也相当赏心悦目。从靛蓝制备一种色淀色料的描述见于12世纪的一部手稿：研磨后的白色大理石，在“……放入热粪中一天一夜”后，与来自大锅的泡沫混合，“衣服在此锅中被染成靛蓝色”。作者说，“待干燥后……就获得了上好的蔚蓝色”，并补充说白铅也可以用作载体材料。琴尼诺描述了“一种与蓝铜矿相似的天蓝”，可以通过混合“巴格达靛蓝”与白铅或石灰白制成。

穿越彩虹

在这些传统的蓝色染料之外，中世纪增加了另一种：巴豆紫或“书页”（folium），是从中世纪被学者们称为morella的植物中提取的，经确认它就是染料沙戟（Crozophora tinctoria），原产于法国南部，在普罗旺斯被称为maurelle。其拉丁名folium可能来源于一种做法，即将着色剂以被这种物质浸透的布料的形式保存，放置在书的页面（folia）之间。巴豆紫（Turnsole）是从torna-ad-solem来的，意即“向阳”，这是产生这种染料的植物的特征。

为了提取“书页”着色剂，蒴果被聚拢并轻轻挤压。布被反复地浸入汁液中再晾干，直至被完全渗透。用水或蛋清胶弄湿一小块布，将现出干燥后的颜色。其透明的成品表面对于手抄本的彩饰来说尤为理想。

然而，morella的新鲜汁液不是蓝色，而是红色。西奥菲勒斯告诉我们，事实上有“三种‘书页’，一种是红色，另一种是紫色，第三种是蓝色”。为何种类如此繁多？巴豆紫是广义的植物提取物的一个代表，这类提取物根据溶液的酸度改变颜色：在酸性溶液中呈红色，中性溶液中呈紫色，碱性溶液中呈蓝色。石蕊是斯堪的纳维亚地衣的提取物，是另一个代表，红色甘蓝的汁液也是代表之一。此类物质在今天仍然作为“指示剂”应用于化学，通过颜色变化来表示溶液的pH值（酸度）。

罗伯特·波义耳是最先从化学角度研究这些变化的人之一。在《颜色实验史》（Experimental History of Colours，1664）中，他把巴豆紫列入从浆果、水果和花得出的一系列提取物中，这些提取物有着相同的属性。波义耳揭示出，对颜色变化的认识来源于艺术领域，并首次提出这样的知识或许可以用于测量酸度。一百年后，该测量方式发展成滴定这种化学分析技术。

西奥菲勒斯描述了如何使用石灰和钾碱这两种碱，从酸性红色植物汁液中制备紫色和蓝色“书页”。颜色变化的可逆性似乎没有被注意到——也许是因为需要有相当强的酸才能实现，而14世纪之前已知的唯一的酸是弱有机酸，如醋和果汁。然而，由于空气中的水分略带酸性，蓝色形式的巴豆紫具有随着时间推移向紫色变化的自然趋势。

“书页”是中世纪艺术家知道的极少数紫色着色剂之一，“巴豆紫”则在14世纪的意大利备受推崇。一些画家使用从地衣提取的紫色染料，它叫作苔色素（archil或orchil）。在中世纪初期，从英国和法国海岸原产的贝类中提取的偏紫色的“蛾螺红”被用于羊皮纸的染色。毫无疑问，其提取过程的艰难并不逊于古代的推罗紫，而且在8世纪后它很少被使用：“书页”更易提取，且颜色更好。然而，中世纪木板画中的多数紫色，是通过将蓝色（例如蓝铜矿）与红色色淀混合而制成的。相较于有机提取物的柔和蓝紫色，画家们似乎更喜欢由绯红色淀提供的偏紫的红色。

红木

一直到20世纪，朱砂都是画家最好的红色色料，地位稳固。但中世纪画家广泛使用由染料制造的红色色淀色料。胭脂虫红绯红色淀使用广泛，紫胶色淀在15世纪的佛罗伦萨也相当常见。另一种红色染料是从巴西木（Caesalpinia braziliensis）的根中提取的，这种树是从锡

兰途经亚历山大引入中世纪欧洲的。在新世界被发现之后，此染料又从牙买加和南美洲原生的巴西苏木（Caesalpinia crista）中获得，并且最终把它的名字赋予了一个国家。

红色染料的提取，是通过将木粉在碱液或明矾中浸泡和煮沸完成的。色淀色料的制作，则是通过将明矾添加到碱液中或反向操作，使被染料包裹的矾土颗粒沉淀。在此过程中加入白色物质如白垩、白铅、大理石粉或蛋壳粉末，会使色料呈玫瑰红色；在英国，巴西红色淀也叫玫瑰色（roset）。

一些历史学家认为，巴西红提供了中世纪最重要的红色色淀；它肯定比来自昆虫的胭脂虫红色淀便宜。丹尼尔·汤普森声称："中世纪的巴西红颜料用于绘画和染色两种用途的数量都是巨大的。"然而，在中世纪画作中，这种色料一次也没有被确切发现过，因此上述说法必须谨慎对待。直到相对晚近的时期，早期色淀色料中的染料还难以通过化学方式鉴定，我们对其用途的认识多数还是基于假设。虽然《绘画小窍门》这样的配方书表明，胭脂虫红之类的红色染料广为人知，但是它们转化为色淀色料的过程困难而复杂，可能直到文艺复兴之前都没有完善。此外，人们都知道，巴西红暴露在光线下则极易跑色（容易褪色），因此有时会被染匠行会禁止使用。出于同样的原因，木板画家可能也避免使用它们。

在中世纪晚期，另外两种红色染料，即来自北欧的茜草红和来自波兰的胭脂，开始出现。茜草红染料是从茜草属植物染色茜草（Rubia tinctorum）的根部提取，这种植物至少从13世纪开始在欧洲栽培。茜草红色淀比巴西红色淀更耐久，但也更难制作。它是17世纪至19世纪的艺术家调色板中的宠儿，但在中世纪却难觅踪影。赫拉克利乌斯在10世纪描述了茜草红色淀的一个配方，但这种色淀在木板画中的广泛应用似乎不大可能要等到很久以后。在迪里克·鲍茨的《圣母子与圣彼得和圣保罗》（The Virgin and Child with Saints Peter and Paul，约1460）中就用了茜草红，而泽兰省广阔的茜草田，则使其在15世纪荷兰画家笔下比在其他地方的同时代画家笔下更常出现。

要想获得由胭脂制成的绯红色淀，通常耗资不菲。要从东欧的多年生线球草属植物中获得胭脂虫，必须挖起这种植物，用手剥掉树脂状的虫壳，随后再把植物放回土里。只有两个星期的收获窗口期，传统上是在6月24日圣约翰节之后。如果这种作物歉收，价格就会飙升。在15世纪初的佛罗伦萨，这种波兰胭脂的价格是地中海胭脂虫红的两倍。

关于红色色料，语言上似乎有一些引起混乱的地方。我们之前看

到，普林尼的sinopis，一种来自黑海边西诺普的暗淡的红赭石，产生了中世纪的颜色术语sinople，既可以表示红色也可以表示绿色。在中世纪的英格兰和法国，另一种拉丁名为sinopis的色料是一种复杂的红色色淀，由“茜草红和灰色……以及巴西红和紫胶”组成。这种物质，在英语中有时被称为cynopre或cynople，在14世纪和15世纪流行开来。然而当琴尼诺谈到“sinoper”时，指的是一种矿物，他说这是一种“天然色彩”，也被称为斑岩。此外，“所能获得的最好看、颜色最浅的sinoper”被他称为cinabrese，造成了与辰砂（cinnabar）的进一步混淆。或许最好的做法是，我们先把这些语义含糊放在一边，仅仅得出一个结论：中世纪的技术人员对于制备复杂的红色色淀，既发现了原因又发现了技术手段，这些颜料之间的区别，即使当时清晰明了，我们现在也无从得知。

镀金复合体

炼金术士无法为画家召唤出的那种颜色，也是画家们最着力想创造出来的。受斜照的阳光启发，金色使中世纪的祭坛画光芒四溢。在拜占庭教堂，如拉文纳的6世纪圣维塔莱教堂，金色马赛克瓷砖创造了闪烁着神圣光芒的圆顶。不论群青或朱砂成本几何，金色在古代引起的联想都使它具有超验价值。

黄金是皇室之物，还有什么比在神圣艺术中把它献给神更为虔诚呢？与银和其他金属不同，黄金似乎不受时光流逝的影响：它不会失去光泽，敛息华彩。

中世纪艺术中黄金的使用无比清晰地告诉我们，材料的性质优先于任何现实考虑。至少在14世纪之前，祭坛木板画上的圣者画像周围环绕的不是大自然的天空或树叶，也不是帷幔或砖石建筑，而是既无深度又无阴影的金色区域。

在后来的时代，这种金属光泽被外推到固定画布的镀金框架上；但对于中世纪的艺术家来说，黄金本身就是一种颜料。黄金以薄片，即金叶的形式被施用于涂了底料的画板上。没有必要从药剂师那里采购这种颜料，每个富人的钱包中都有。中世纪的工匠，由于不受货币保护法的限制，制作金叶时是通过一遍遍锤击金币，把它们变得极薄，几乎感受不到重量。

这项任务是由专业的金箔匠完成的，甚至进入20世纪后，他们仍

以中世纪意大利的金币达克特来称量金叶的重量。箔片的厚度由从单个达克特敲打出的金叶（每片约8.5厘米见方）的数量来确定。琴尼诺给出了各种用途的理想厚度：

> 告诉你吧，对于用在平面［画板］上的金子，从1达克特中得到的金叶不应超过100片，但他们却弄出了146片；因为用于平面上的金子不想做得那么有光泽。要想在买黄金时确定买到真货，就从做金箔的好手那里买吧，仔细察看，如果发现有波纹、不光滑，像山羊羊皮纸，就可以确定是上品。用于模具或叶饰中时，黄金最好薄一些；对于带有黏附剂的精致装饰品来说，金子则应该极薄，像蛛网那样。[84]

只要一点点湿气，就能将这些纤细的薄片黏合到任何表面上。蛋清胶、树胶、蜂蜜和植物汁液都被用来将金叶粘到手抄本羊皮纸上。它们被称为“水性黏附剂”，一种黏附（“咬定”或固着）金子的水溶性物质。由于潮湿使水性黏附剂松散，通常需要用清漆把金子固着在画板上。或者，木板画家可以使用油基黏附剂，通常与少量彩色色料混合。

黏附的金叶能贴合下层表面的各种不规则性，使其散射光线。这就产生了相当平坦、不透明的黄色外观。只有通过用硬物摩擦使表面平滑（抛光），才能恢复该金属的反射光泽。为做到这一点，通常是用磨成圆形的石头或齿状物：赫拉克利乌斯说，一旦金叶快速干燥，“用一只凶猛的熊的牙齿就能把它变得光彩照人”。“抛光”一词的字面意思是“变成棕色”，因为它使阴影部分的金子变暗，同时使高光部分更具反射性。“随后，金子就由自身的一片鲜明变得几乎黯然无光。”琴尼诺说。

似乎很有可能的是，中世纪木板画的许多黄金“区域”（fondod'oro），在把场景中的其他元素加到最外一层表面之前，都被摩擦得亮光闪闪，平滑如镜。而现在，它们通常看起来像未经抛光一般（彩图4.5），原因是底层色裂开，或时间一长积聚了其他不平整的东西或污染物。手抄本上抛光的金色字母往往表现得更为耐久。

但有些金色背景故意不抛光，把场景固定在闪烁、明亮的光线中。黄金在这里代表着光本身，在文艺复兴时期仍然被大量使用，示意着一种彼岸世界的彩饰。它是光晕的颜色，是圣徒长袍上的高光。琴尼诺建议用少量黄金与绿色颜料混合，“使树看起来像天堂之树”。波提切利在《维纳斯的诞生》（The Birth of Venus，约1485）中用金子为他的女神束发，并把金子撒在她身后的树叶上。

这种金子并不是全部都用作金叶，它也用作粉末状色料。但是，由于金是一种柔软的延展性金属，不是脆性矿物，用杵和研钵研磨产生的压力更多地是将金粒接合在一起，而不是将其变成更细小的碎片。赫拉克利乌斯建议在葡萄酒中研磨金子，西奥菲勒斯则详细描述了用于在水中研磨金叶的碾磨机。不过，这么做的结果想必令人沮丧。所以中世纪的工匠不得不深入炼金术的冶金法中，去探索使黄金变硬以便更好研磨的方法。

炼金术确信，金属不过是同一些基本成分的混合物；在观察到金可以与液态的汞混合后，该信念得到了支持。这种汞合金是一种蜡状的膏糊；用布包裹并挤压以去除多余的汞，混合物就会变得硬而脆，易于研磨。加热使汞蒸发，剩下的便是金粉，不过要注意，不要让热量熔化了金粒。另一种技术是将黄金击打成极薄的叶片，然后用蜂蜜或盐研磨，这两样东西都有助于防止金粒结合到一起。上述两种方法在《绘画小窍门》中都曾被提到。

用黄金绘画，也叫金字书写彩饰法，可以创造一些惊人的效果，雅各布·贝利尼的《圣母子与（？）莱奥内洛》［The Virgin and Child with(?) Leonello d'Este，约1440］是其中的佼佼者。在这幅画中，圣母的长袍被赋予强光，点状的黄金精细地散布其中，在布料中创造出细腻、柔滑和相当神圣的特征。

难怪中世纪的艺术家似乎很少关心真正的黄色色料——它们不过是黄金那华贵气派的苍白替代品。这些色料的主要用途之一是为银和锡之类的白色金属着色，使它们看似奢华金属。被称为马赛克金（中世纪拉丁语中的oro musivo或aurum musaicum）的黄色色料，似乎在羊皮纸贴金中被用作“假黄金”。这是一种硫化锡，琴尼诺提供过它的一个配方，在他的所有配方中算得上最复杂的之一；即便以如下方式描述此过程可能也过于简化了：“取盐氨、锡、硫、水银，各部分等量；水银可以略少。将这些成分放入一烧瓶的铁、铜或玻璃中。把这些全部放在火上烧化，然后就结束了。”[85]这种物质是否真正提供了以假乱真的金的仿制品，这一点尚有疑问；两者间的关联可能既在于外观的描述，也是炼金术理论建构的结果。在提到佛罗伦萨一部中世纪手抄本中的一份色料样品时，汤普森说：“必须补充一句才算公平：马赛克金的金色是如此微弱，如果疏于察看，它可能很容易被误认为雌黄甚至赭石。”

雌黄是黄金的另一个富于暗示的替代品，特别是其闪亮的矿物形式。它的名字本身便让人想起这种关联：auripigmentum，意即“黄金的颜色”。古人养成了一种独特的炼金术思维，即表面的相似具有更深的根源，因此雌黄本身就包含黄金。普林尼说，罗马皇帝卡利古拉

从雌黄的天然矿物形式中提取黄金。由于忌惮其致命性质［普林尼称之为arrhenicum，“砒霜”（arsenic）一词就是从这里来的］，罗马人使用奴隶作为劳力从土地中挖掘它。在琴尼诺的时代，画家使用炼金术士在实验室中制作的合成雌黄；他声称雌黄那“好看的黄色比其他任何颜色都更像金子”，这带有某种制金的意味，似乎不太可能。埃及人的黄色锑酸铅色料可能就是被琴尼诺称为giallorino的色料。他说这种色料是“人工生产的，虽然不是通过炼金术”，这引起了很多争论。有些人猜想，琴尼诺指的是在那不勒斯附近的维苏威火山斜坡上发现的一种天然的含铅黄色矿物，由火山作用引起；这样一来，“人工”指的就是由地质而不是人类力量引起的化学转化。在对有史可稽的色料的开创性研究（1849）中，玛丽·梅里菲尔德声称，一种“那不勒斯黄”确实是与该地区相关的天然矿物，另一种则是合成锑酸铅。

但是这些与giallorino一词究竟有何关联，我们现在很难看出。中世纪画家还使用根据各种配方由氧化铅和氧化锡制成的黄色色料，现在称作铅锡黄。画家们无疑经常把它们混同于锑酸铅，虽然至少到15世纪的时候，炼金术士肯定能分辨氧化锡和氧化锑。梅里菲尔德说，铅黄（黄色氧化铅）也被归到giallorino这个名称下面；对我们来说，最明智的做法可能是把后者看作一个总称，表示任何含铅的黄色色料。

使问题更为复杂的是，一种含有铅、锡以及锑的合成黄色色料，由普桑等人发现于17世纪意大利绘画中。看起来，色料制造商此时已经知道如何对制造过程略加掌控，由此也能控制获得的色相。英国人理查德·西蒙兹于1649年至1651年间到访罗马（在那里遇见了普桑），他声称“有三四种铅黄，有的偏红，有的偏黄”。

琴尼诺说得更明确，声称炼金术提供了被他称为“黄木犀草素”（arzica）的黄色色淀，这是由黄色染料植物黄木犀草（Reseda luteola）制备的。这种植物有时被称为“染匠的药草”，作为黄色染料甚至到20世纪还在栽培；尤其是，它在为丝绸染色这一用途上备受珍视。由黄木犀草制成的黄色色淀可能光彩夺目且极不透明，提供了雌黄的良好（且无害）的替代物。但琴尼诺对此意兴阑珊，说黄木犀草素“用得很少”，“颜色单薄……露天放置会褪色”。

对于中世纪手抄本彩饰绘制者来说，更重要的是由番红花（Crocus sativus）和其他番红花属植物制成的黄色色淀。与蛋清胶混合后，番红花产生强烈的、完全透明的黄色；与蓝铜矿混合后，产生的是鲜明的绿色。琴尼诺说，番红花和铜绿的混合产生“所能想象到的最完美的草色”。

乔治·阿格里科拉记录称，铜绿“首先是从西班牙带到德国的”，我们可以从中再次推断它是阿拉伯炼金术的产物。即使西奥菲勒斯在四个世纪前称之为viride hispanicum，在现代德国铜绿仍然被称为Grünspan。在格吕内瓦尔德于1528年去世后，被列入他的遗产清单的人造含铜绿色，就直接被称为“炼金术格吕内”（alchemy grun）。但中世纪的vert de Grèce暗示着与希腊的渊源；《绘画小窍门》将其称为viride grecum。古希腊人肯定使用它，而且不是首先这样做的人群。

铜绿是一种广泛使用但性质叵测的色料。用来制备铜绿的有机酸在某些情况下侵蚀了涂有它们的羊皮纸或纸张，切出整齐的洞，仿佛喜爱绿色的昆虫啃咬的。一些色料如果放在铜绿附近，就很容易败坏。这些缺陷激发了14世纪对绿色替代品的开发，其中主要有两种有机颜色，叫作树液绿和鸢尾绿。

第一种来源于鼠李属植物浆果的汁液，它很浓稠，足以在不加任何黏合剂的情况下使用。加上一些胶，它就成为很好的水彩，而且现在仍然在以这种形式使用（虽然20世纪初作为油画颜料出售的“树液绿”实际上是一种合成的色淀化合物）。鸢尾绿由鸢尾花汁制成，与水混合，也可能是与类似明矾的增稠剂混合，用于手抄本彩饰。这些绿色，与“书页”和黄木犀草素一样，是草地而不是矿山的颜色，勤奋的修士可以直接接触到它们。如赫拉克利乌斯评论的：

> 如果谁出于写作的目的，希望把花朵变成书的页面要求的各种颜色，他就必须清晨在麦田里漫步，然后会发现各种鲜花竞相绽放。[86]

这些天然汁液很适合装饰修士的明亮页面，但放在祭坛画上则不够强韧。

尽管依赖于对古代技术的扭曲记录，中世纪在颜料生产方面仍有大量的创新。与此同时，不断变化的社会结构将绘画移入了新的环境中：从一种宗教背景下与装饰相关的工艺，变成由行会会员为商人或贵族赞助人运用的手艺，绘画主题日益广泛。这种变化反映了更为广泛的社会变迁，现在神秘和魔法——一个弥漫着精神力量的世界，一个偶像具有真正权力的世界——让位于商业，贸易比宗教更为重要，世界观变得更为务实。在某种程度上，同样的过程也发生于炼金术本身，它保持了其神秘根源的虚饰，但是对于琴尼诺这样的工匠来说，炼金术不过就是一种制造方式罢了。这些趋势在随后的几个世纪中得出了它们的逻辑结论，在这些世纪中理性力量开始挑战教会的权威，并且画家们将自己的工作转变为完全世俗的领域：不是神圣的工艺，

而是一门关乎学术和智识的“博雅”艺术。

第五章 光影大师——文艺复兴的荣光

绘画就是，光影组合与所有简单和复杂色彩的多样品质紧密结合在一起。

——达·芬奇

我希望，所有种类的颜色尽可能地以一定的优雅和愉悦出现在绘画中。

——莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂，《论绘画》

艺术在文艺复兴时期达到顶峰了吗？15世纪和16世纪的绘画虽然想复兴古典时代的理想，却与那段时期众所周知的简朴着色毫不相同。相反，它让人看到的是对原始的、有光泽的丰富颜色的喜爱，这种喜爱，后来直到20世纪的画家使色彩成为艺术的主题时才重新出现。

正是通过文艺复兴时期的艺术家们对颜色的运用，我们才得以区分他们对这种“重生”的不同解读。剥离了中世纪来自神学的确定性，以及它对待绘画的公式化态度（即所谓国际风格），艺术家们被迫寻找新的方法来组织他们所能支配的范围不断扩大的颜色。把平涂区域的昂贵色料当作献给上帝的虔诚礼物已经不再足够了，新的口号是忠于自然。在西方艺术史上，画家第一次按世界在人眼前的本来面目去努力描绘世界。

15世纪和16世纪的实践和理论化学与五个世纪前的情况没有显著不同。进步是渐进式的和演化性的，没有反映在艺术和人文方面的革命性变革。是的，新的色料恰如其分地在绘画中打下它们的烙印——但在艺术史的这个关键时期，没有什么能与19世纪颜色化学方面的技术创新相媲美，在19世纪，艺术的面貌焕然一新。尽管如此，我们不必再去深入了解，对于西方艺术的这个高潮时期给我们留下的作品，色料的获得和使用问题如何打下了深刻的印记。

人文主义理想

15世纪的意大利艺术家认为，自佛罗伦萨画派创始人乔托·迪·邦多纳的时代起，复兴其古典时期祖先的崇高原则的努力就一直在加快步伐。现在回过头来看，乔托的创新几乎是微不足道的，但它推翻了中世纪的艺术正统。他试图以浮雕的方式表现物体，由可以识别来源的彩饰去衬托阴影和高光部分。

这种明和暗作为画家风景的特征的出现，是文艺复兴艺术的一个独特方面。第一次，人和物投下了阴影。结果很明显：对乔托来说，似乎艺术家的想象世界突然栩栩如生了。

不用说，除了引入三维绘画技术，它还给文艺复兴带来更多。乔托的方法是哲学观深刻变化的一个征兆，这种哲学观影响了西方所有知识领域。中世纪的艺术家并不按人物和场景的“真实”面貌来表现它们，原因并不在于他们缺乏这样做的能力或感受力，而是因为这样的目标对他们来说毫无意义。绘画是一种不用语词就能讲故事的方式。关键在于，每个重要的角色都可以在场景中、在合于身份的位置和比例上清楚地被识别，而且其色彩具有象征意义并能增益上主的荣耀。

乔托不接受这种图式化的、叙事性的图解艺术，他赞成的是我们可能天真地称为现实主义的东西。观察者不是像读一本书那样去阅读图像，而是深入场景中，是行为的见证人。乔托擅长的绘制方式，即让人物只见背影、不露脸庞，就是最好的说明，例如在《背叛基督》（The Betrayal of Christ，约1305）（彩图5.1）和《哀悼基督》（The Mourning of Christ，约1306）中。我们一直都以这种态度看人，但是对于中世纪的画家来说，画入一个不见脸庞的人是没有意义的，这样的人随后仅仅变成一块色斑。同样令人震惊的是，在《背叛基督》中，耶稣几乎完全被犹大的披风遮蔽，披风被涂以那个背叛者衣物的标志性黄色。只有基督的脸仍然可见，而中世纪的艺术家想必会认为，必须显示出神之子的全副荣耀。

在这样的形象中体现着文艺复兴的人文主义观点所固有的一切。真实的人类经验得到强调，神学那永恒的、超越的真理则靠后了。宗教场景包含着看起来活生生的人，而不是卡通般的人；他们显现的样子，就像他们在那一瞬间看起来的模样。可以说，乔托的自然主义使时间成为绘画的组成部分——图像不再是不变的符号，而是变得在某一时刻固定于真实的、流逝的时间中。

对画家来说，这一点影响极大。在本质上，一个场景的景象取决

于周围环境的光线布置，它会随时间而变化：或黯淡或阴沉，或在强烈的地中海阳光中被漂白，或由夜晚的光亮柔化。这为艺术家提供了创造戏剧性氛围的新的可能性，但它也要求画家对自然的布光效果有透彻的了解。坚持忠于自然使艺术家从中世纪构图的风格化惯例中解放出来，因为自然提供了无限多样的形式和色彩。但同时，自然主义又提出了一个新的挑战，因为没有法则把色彩和物体的和谐安排强加于自然，艺术家却需要这种安排来实现令人愉悦的构图。

除了获得时间的维度，文艺复兴艺术家还获得了在空间中精确定位物体的能力。以佛罗伦萨建筑师菲利波·布鲁内莱斯基（1377—1446）为先驱的线性透视法的出现，是在允许艺术家从画板或墙壁的平面空间创造一个世界的过程中，与明暗对比的引入真正相伴发生的。布鲁内莱斯基推导出数学规律，使艺术家能够确定尺寸如何随着距离减小，他的诸多发现被佛罗伦萨画家马萨乔（1401—1428）满怀热情地采纳了。

这些创新的基础是承认，为了以自然主义的方式描绘世界，艺术家需要仔细和系统地，也就是说科学地研究自然。要忠实地画出人类形象，画家需要有扎实的解剖学基础。艺术家的技能不是在工坊学徒期通过对刻板惯例死记硬背得来的，而是来自对自然规律和原则的理性理解。

这种对理性的诉求在莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂的著作中是明确的，我们对意大利文艺复兴盛期各种艺术态度的了解，在很大程度上要归功于他。阿尔贝蒂生于热那亚，在佛罗伦萨生活和工作，一度供职于罗马教廷。他的文本表明，阿尔贝蒂和同时代人，尤其是佛罗伦萨的同时代人，多么彻底地摒弃了中世纪对神学的专注。在颇有影响的《论绘画》一书中，阿尔贝蒂说：

> 画家的功能是，在表面上用线条和颜色绘制任何给定的物体，使得在固定距离和中心射线的确定位置处，你看到的呈现出来的东西看起来像是浮雕，正像那些物体一样。[87]

他声称，这一点可以通过应用诸如透视的理性原则来实现。但阿尔贝蒂强调，首先和最重要的是，画家必须努力获得美感。他知道自然并不全是美丽的，于是坚持认为，艺术家应该只选择和组合其最可爱和令人愉快的方面。不过，在此过程中没有什么是主观的。对阿尔贝蒂来说，美并不仰赖注视者的目光，而是一种几乎可以量化的属性，“是所有部分的一种和谐和协调，形成一个整体，根据固定的数字、一定的关系和秩序，按最高和最完美的自然规律，即对称的要求来构成”。因此，美是一种绝对的属性，所有见多识广的观察者在这

一点上都会达成共识。

这种对比例和谐的强调是佛罗伦萨观念的典型特征。对于佛罗伦萨画派的艺术家来说，绘画中层次最高的元素是对形式的熟练演绎，即有能力画得出色。他们说，颜色是次要的。阿尔贝蒂确实重视色彩的和谐，但他不承认色彩有自己内在的美，也不承认它们的有形物质有任何固有的优点。他严厉斥责某些人浪费时间使用黄金和丰富的色彩，却不留心加以恰当的调度。

把艺术家的技巧划分为线条或素描（线构）和色彩，以及关于它们的相对重要性的辩论，成为文艺复兴艺术的重要主题。争吵将一直持续到17世纪晚期；在法国学术界，双方的代表是普桑派和鲁本斯派，两者分别推崇以素淡的普桑和华丽的鲁本斯为典型的风格。但是，讨论最终转向了形式筹划与自发构图的优点对比，而不是线条和着色的优点对比。

一般的说法是，阿尔贝蒂的观念，即线构第一，在佛罗伦萨盛行；而在用色奢华的威尼斯画派，更加强调的是对丰富色彩的运用。但不应忽视的事实是，佛罗伦萨最伟大的大师，包括达·芬奇、米开朗琪罗、拉斐尔，都深入思考过色彩问题。

控制颜色

为什么颜色会成为问题？因为一方面是惯例，另一方面是材料的限制，两者对画家施加的约束意味着：在忠实地描绘自然的愿望，与捕捉自然颜色的途径和方式之间，存在着断裂。虽然朱砂和（某段时间的）群青这类色料的价格逐渐变得不那么让人望而却步，因此其不含杂质的形式也不那么受到崇敬，关于色料混合的禁忌仍然很强大。直到油画方法出现，混色才更容易接受也更为可行（如我们将看到的），这意味着文艺复兴时期的画家能用的颜色范围几乎不比中世纪艺术家们更多，同时却面临着在运用精度上的新的要求。所以，实际上有两个问题。首先，自然比艺术家有更多的色相。第二，中世纪刺眼的朱砂、金色和群青等色域对于艺术家来说是不可接受的，他们的观众不再珍视色料本身，他们的目标是颜色和谐，而不是财富的夸张表现。

和谐构图的难点之一，是颜色的亮度变化会造成不平衡。白色和黄色看起来明亮，完全饱和的蓝色和紫色则显得暗沉。这意味着穿黄

色长袍的人物在人群中很显眼，那些穿着蓝色衣服的人则远不够吸引目光。这种情况本身相当糟糕，特别是当画家没有多少选择，只能在人群场景中把每种颜色都用上，以最大限度地实现他那有限的、未经混合的调色板能够表现的所有多样性时。不过，如果蓝色为基督专有、黄色为犹大专有，情况又会糟糕多少！

琴尼诺推荐的色彩渐变方案对这种状况也爱莫能助，他是从乔托那里引申出该方案的。他告诉我们，色料在最深的褶皱中使用时应完全饱和，画家向高光部分推进时，色料要逐渐用白铅增加亮度（彩图5.2）。这样就不会使长袍最深的褶皱暗于完全饱和的色相（该色相对于黄色来说并不特别暗沉）。

相反，阿尔贝蒂提倡将黑色加入阴影。于是，未经混合的全饱和色彩就出现于中间色中。这样能实现更大的动态范围（明暗之间更大的对比度）和更好的浮雕表现，以及以某种方式趋向亮度差异的均衡化。但它也可能会使颜色看起来有些“脏”：例如，安东尼奥·波拉约洛（约1432—1498）的作品在这方面就深受其困扰。

风格的问题

毫不奇怪，解决这些困难的独特方案没有出现。相反，我们可以在意大利古代大师的作品中看出多种组织颜色的不同方法。然而，它们的实践者似乎不太可能以系统和规范的方式应用这些方案；使用其中一种也不意味着排除其他方案。15世纪末毕竟是一段风格实验的时期——因为风格，而不是技术上的技巧，正在成为画家最具市场价值的特征。此外，在颜色的运用上，甚于在艺术的任何其他方面，教条的体系从来没有成功地使直觉变得可有可无。

达·芬奇也许是佛罗伦萨画派中地位最高的自然主义者，因此也是最有条理的画家之一。他观察自然的形状、形式和模式时的专注，从他那些非凡的笔记本中便可窥见一斑（尽管达·芬奇从这些形状、形式和模式中得出的结论很少前后连贯）。和阿尔贝蒂一样，达·芬奇认为艺术的创造和判断是一个理性的过程。但是，他无意如阿尔贝蒂建议的那样，试图通过适当选择自然中最好的特征来改善自然。他显示了自然的本来面目，不论是美丽的还是丑陋的；事实上，他认为丑陋可能和金属箔片一样有用，能使美越发散发出明亮的光泽。阿尔贝蒂则坚持认为，人物应该符合单一的和谐理想，这导致波拉约洛的《圣塞巴斯蒂安的殉难》（The Martyrdom of St Sebastian，1475）中六个

弓箭手不自然的统一，或彼得罗·佩鲁吉诺的《圣母向圣伯纳德显灵》（The Virgin Appearing to St Bernard，约1490）中妇女们乏味的无精打采。

达·芬奇仔细研究了色彩。一种观念认为，物体具有内在颜色，独立于光照条件、反射等，这是西方艺术中一种长期存在的谬论；达·芬奇的精明观察让他隐约感觉到其本质上的虚妄。在描述一次混合色光的实验时，他甚至犹豫着要不要确立加色混合和减色混合之间长期混淆的区别。可惜，他从来没有做过这个实验。如果做了，他会惊讶地发现，蓝色光和黄色光结合不会像他声称的那样，形成一种“最美丽的绿色”，而是形成白色。

达·芬奇对文艺复兴时期色彩运用的主要贡献是，他通过一种方式，以极为有限的亮度范围内不饱和的中性颜色创造了色调统一。为了统一的整体，他牺牲了鲜明的色彩，使用柔和的绿色、蓝色和土质色彩，这些色彩的中间色——用于既不在高光部分也不在阴影处的表面——具有相似的亮度。这就为更均匀地描绘浮雕般的画面留出了余地，但其效果几乎谈不上令人愉悦。达·芬奇觉得强烈的色调对比令人眼花缭乱，应该避免，并建议使用柔和的光照：“若想制作一幅肖像，就选在阴暗的天气或夜晚降临时吧。”蒙娜丽莎［《蒙娜丽莎》（La Gioconda，约1502）］表情的神秘和暧昧，很大程度上要归功于这样的方法和原则。

达·芬奇极少数幸存的画作，由于他的渐隐法（sfumato，字面意思为“如烟似雾”）而显得更加阴沉。这些图画在远离焦点的地方混合成昏暗的阴影，颜色从那里被过滤掉，直到只剩下一种黑暗的单色。渐变阴影的这种运用使艺术家可以把人的目光导向任何地方，只要将这些地方沐浴在柔和、朦胧的光中（彩图5.3）。为了实现这种低调的色调统一，达·芬奇将他的色料涂在中性的灰色或棕色底层色（“底子”）上。

与渐隐法结合并容易与之混淆的是明暗对照法，这种技法有时也会不恰当地被归功于达·芬奇。这种风格的字面意思是“亮部和暗部”，它描绘的阴影比如烟似雾更黑，亮部会突然和激烈地过渡到暗部。与达·芬奇的渐隐法相比，它对色调的限制更少，各种颜色的中间色几乎以最高强度出现。结果可能极为醒目，如柯雷乔（约1489—1534）和卡拉瓦乔（1573—1610）的画作所表明的。卡拉瓦乔的人物在无法穿透的黑暗中显得更为醒目，结果颜色经常在强光中变淡、变弱。在《基督下葬》（The Burial of Christ，1604）中，高亮的人物那病态的肉身和白色的衣饰只有土红色才能缓和。在《圣马太蒙召》（TheCalling of St Matthew，1599—1600）中，几个人物的袖子那

丰富的红色天鹅绒，在从一个高高的窗口透出的倾斜光线捕捉到的朴素的土质色相中，更清晰地散发着光亮。这些作品将色彩置于严格的约束之下，如何组织颜料的问题几乎没有出现。

渐隐法和明暗对照法一起构成了文艺复兴时期的所谓“深暗法”。相比之下，活泼、大胆的颜色标示着被称为统合法（unione）的风格，这种风格与拉斐尔的早期作品相关联。拉斐尔·桑蒂（1483—1520）运用色彩的方式颇为令人愉悦，他的素描技巧摧毁了一个观念，即他那个时代的艺术家们不得不在线构和色彩之间进行选择。他的天才之处在于找到一种运用鲜明色相，同时又使这些色相仍然处于和谐的平衡中的方法。拉斐尔避免了生硬的对比：《阿尔巴圣母》（Madonna Alba，1511）中圣母长袍的群青蓝用铅白进行了柔化，《大公爵圣母》（The Madonna del Granduca，约1505）（彩图5.4）中亮红和水蓝色之间的反差，通过暗影和肉色色调的金色光亮实现了和谐。拉斐尔运用这些色彩的能力看起来几乎出神入化，他的同时代人也如此认为。佛罗伦萨作家和艺术家乔治·瓦萨里曾确定地声称，“当各种不同色彩和谐共存时，绘画中的统一就形成了”；他的崇拜之情溢于言表：“不用担心前后矛盾，我们可以声称：像拉斐尔这样怀有天纵之才的艺术家不只是人，而且是长着肉身的神，如果允许这样说的话。”[88]

如果说在瓦萨里的眼中，有什么人比拉斐尔更有资格被奉若神明，那就是米开朗琪罗：

> 我们生活在一个多么幸福的时代！我们的工匠们是多么幸运，他们从米开朗琪罗那里领受到光明和远见，他们遭遇的困难被这位令人赞叹和无与伦比的艺术家弭平！你们艺术家应该为所发生的事感谢上帝，并在一切所作所为中以米开朗琪罗为榜样。[89]

米开朗琪罗（1475—1564）主攻湿壁画技法，在这方面他比人们有时认为的更是一位着色师。当代人对米开朗琪罗在西斯廷礼拜堂天花板上的壁画进行了清洗，显露出的明亮颜色让那些习惯了其柔和色调的人大为震惊。不过，他实现颜色和谐是通过一条大胆而不寻常的道路。统合法用强烈的色彩去追求渐隐法试图用更为暗淡的方式追求的东西：消除色调的对比。相反，一种被称为换色法（cangiantismo）的技巧（米开朗琪罗对其用心颇甚）通过改变色相而不是色调来平衡不同的色值。物体在高光下是一种颜色，在阴影中可能会变为另一种颜色。这是对颜色的一种人为使用（除非被用来描绘像丝绸这样的“变色”织物，这种织物看上去就是如此），但它很“聪明”且引人注目：正是它吸引着16世纪后期的手法主义画家，如弗朗

切斯科·萨尔维亚蒂和瓦萨里本人。然而，即使是他们也接受了一个体统，禁止这样的俗艳被滥施于如圣母马利亚这样备受尊敬的人物。

米开朗琪罗使用换色法在他的部分图像中显示一种“出世感”，这与人文主义者渴望客观、科学的真理的特质正好相悖。然而，对米开朗琪罗来说，没有什么比美更为重要。不过这不是阿尔贝蒂的理性美，而是某种完全不可比较的东西。米开朗琪罗无暇顾及有科学倾向的理论家：“所有的几何和算术推理，以及所有的透视法证据，对一个没有眼睛的人来说毫无用处。”在这方面，他是手法主义画家的先声，后者把艺术中的直觉判断和“审美趣味”问题提升到理性之上。

油的变化

意大利文艺复兴盛期的艺术极大地受惠于从北部输入的技术创新，有一个相当令人愉悦的讽刺针对的就是其受惠的方式；当时北部是“哥特式”风格的来源，对意大利人来说代表着与中世纪相关的所有野蛮和粗鲁的东西。即使是爱国的瓦萨里，那个认为佛罗伦萨画派无法超越的人，也讲述了油画是如何从荷兰被带到他的家乡；瓦萨里告诉我们，在荷兰它是由布鲁日的约翰在佛兰德斯发明的。这个约翰就是佛兰德斯画家扬·凡·艾克（约1390—1441）。

双重的扭曲是，瓦萨里实际上把很多本不属于凡·艾克的东西归给了他。凡·艾克肯定不是第一个使用油料作为色料黏合剂的人；在安东内洛·德·梅西纳学习凡·艾克的方法，并于15世纪70年代将它们带回南部（瓦萨里正是这么说的）之前，甚至连意大利人都在这样做了。但是，确实是凡·艾克发现了如何释放这种新调色剂的真正潜力。

用作色料黏合剂的油是所谓的干性油，主要是亚麻籽油、坚果油和罂粟油，它们干燥后形成耐水的弹性薄膜。这种油必须小心地精炼以获得令人满意的干燥性能；有时，像金属盐这样的干燥剂（催干剂）能提供帮助。无论如何，其干燥过程都比鸡蛋坦培拉要慢：需要数小时甚至数天，而不是几分钟。在中世纪，这被视为一个独特的不便之处。

迪奥斯科里季斯和普林尼描述了坚果油和罂粟油的制备，但没有提及它们作为颜料调色剂的用途。这种应用的第一份书面记录，是由罗马人埃蒂乌斯在5世纪后期留下的，油性上光油（干性油与天然树脂在其中混合）的配方被写在8世纪的一份文件中，它叫作卢卡手抄

本。有一个最明显的迹象，表明一种油画技术在凡·艾克的时代之前就已经很成熟，出现在西奥菲勒斯的《论多种技艺》中。在描述了亚麻籽油的制备之后，他说：

> 用这种油在没有水的石头上研磨一些红丹或辰砂，用刷子把它铺在门上或木板上，以便在阳光下晒红或晒干……所有种类的色料可以用这同一种油研磨，放在木制品上，但只能放在可以在阳光下晒干的东西上，因为一旦放上一种色料，在它干透之前就不能再放第二种。如果画的是人像，这个过程是极为漫长和乏味的。[90]

马克斯·德尔纳指出，西奥菲勒斯（据推测还有那些采纳他的配方的人）把问题搞得更糟，他使用一种常用的橄榄油榨油机从亚麻籽中榨出亚麻籽油。橄榄油是一种所谓的非干性油，事实也的确如此；榨油机如果清洁得不彻底，哪怕很轻微的污染也会产生严重后果。“难怪亚麻籽油不会干！”德尔纳怒喝道。

油性颜料的透明特征也使它们适于为金属着色：薄的红色涂层（透明色层）被施用于黄金，使其看起来更有光泽（越红越好），罩在锡上的黄色透明色层则被用作黄金的廉价仿制品。

看起来，凡·艾克的贡献是将油性颜料从坏名声中拯救出来。他意识到，罩色过程对艺术家来说意义非凡，他们通过审慎的技术和耐心，可以获得深沉、浓郁和稳定的颜色，这些颜色是鸡蛋坦培拉永远无法媲美的。他把罩色从一种工匠的装饰技术，发展成一种适于最精细绘画的方法。

凡·艾克的技法是用油料为坦培拉底子罩色，把后者的快速干燥与前者的丰富光泽和调和能力结合起来。因此，认为画家是突然放弃坦培拉画法而转向这种新方法是错误的：两者共存了很长时间，而且非常适应这样的密切关系。坦培拉和油料的混合在15世纪艺术中相当常见；最早的例子之一是柯西莫·图拉华丽的《寓言人物》（Allegorical Figure，约1459—1463）（彩图11.2）。

透明色层的作用是充当一种滤色器：罩在蓝色底子上的红色色淀将它变成丰富的紫色。通过仔细建立油性透明色层，凡·艾克获得了饱和的、宝石般的颜色，在今天看起来充满美感，在那个时代必定也是如此。很难想象他的《凡·德·皮尔教士的圣母子》（Virgin of the Canon van der Paele，1436）曾经比现在色彩更为丰富；他的《阿尔诺芬尼夫妇像》（Arnolfini Marriag，1434）（彩图5.5）那美妙的色度，使其成为西方经典中最受推崇的作品之一。

这些技术是否由凡·艾克单独创造，这一点尚不清楚。但是它们被15世纪的佛兰德斯画家们广泛使用，其中一些人，例如罗吉尔·凡·德尔·维登（1400?——1464），在到访威尼斯期间把他们的知识带到了南部。意大利人在15世纪已经在尝试用油性颜料作画；到该世纪末，这种颜料已经成为他们的主要媒介。

油性颜料还有其他优点，这增强了它们的受欢迎程度。在油料中，每个色料颗粒都由一层流体“绝缘”。在坦培拉中彼此产生化学反应的色料，可以稳定地结合在油料中。这样一来，画家在调色板上制备复杂的色料混合物时就不用那么担心了。而此种颜料的慢干性质对自然主义画家来说是有好处的，它提供了在画布上调和色调和模糊轮廓的机会。这对于皮肤色调的描绘尤其恰当：威廉·德·库宁曾经说过，“正是为了描绘肉体，油画才被发明出来”。就这样，坦培拉作品典型的轮廓分明让位于新的风格，因为油料鼓励画家与材料进行身体接触。在生命的尽头，提香被他同时代的一位评论家形容为“更多地用手而不是画笔”作画。

瓦萨里对用油料作画的优点毫不怀疑，他于1550年写道：

> 最有美感的发明，同时也是为绘画艺术带来的一个极大便利，是发现了用油料着色……这种绘画方式激发了色料，除了勤奋和投入再也不需要其他东西，因为油料本身就能使颜色更柔和、更令人愉悦，与其他调色剂相比，油料使颜色更细腻、更容易融合。在作品仍然潮湿时，颜色容易混合，也易于彼此结合；简而言之，通过这种方法，艺术家赋予他们的人物奇妙的优雅、生气和活力。[91]

不过，改变调色剂总是会改变颜料盒。与任何黏合剂一样，油料在携带原始色料的时候都会改变其外观。由于油料的折射率与蛋黄的折射率不同，色料在两者中不一定是相同的颜色。群青在油料中比在鸡蛋坦培拉中更黑；通过与少量铅白混合，群青能重新获得浓郁的蓝色。面对纯度方面的这种诟病，群青几乎无法保持其中世纪的神秘性。同样，作为中世纪的红宝石，朱砂在油料中似乎不那么鲜亮，而红色色淀则获得了更大的青睐。绿色孔雀石的低折射率使其在油料中相当透明，用得也就少了。铜绿在油料中也有类似的问题，通常会与铅白或铅锡黄混合以恢复不透明性。一种叫树脂酸铜的替代绿色在15世纪中叶前后流行起来，它是在木材树脂中发现的有机酸的铜盐。至少在北欧，早在14世纪末，人们就知道使用油性调色剂的这些后果：该时期的一部名为《多种艺术之书》（*Liber diversarum artium*）的手抄本警告说，在油料中，“蔚蓝”（群青或蓝铜矿）变暗，靛128蓝不干，朱砂必须与红铅一起使用。这种曾经珍贵的红色如此掺入杂

质，想必吓坏了中世纪的艺术家们。

新之诱惑

树脂酸铜的引入只是一个迹象，表明15世纪的化学技术人员仍在寻找新的颜色。这种色料由铜绿制成，通常是将其与从松树中提取的松节油树脂结合。一位名叫比雷利的佛罗伦萨作家于1601年描述了一个配方：

> 取一磅上好的白色松节油树脂、三盎司的乳香……和半盎司的新蜡。把所有东西放在一个新上釉的小锅里，用炭火以中火煮沸……然后在这些东西里加一盎司的铜绿，一点一点地加，用一根小棍将它们在罐子里混合，以便充分吸收。[92]

类似这样的配制方式给出了可能令人误解的印象，即树脂酸铜是特征突出的色料，其制备有条不紊，深思熟虑。实际情形可没有如此清晰。现在被误认作“树脂酸铜”的一些东西，可能不过是往铜绿中添加一些树脂基上光油，混合成油性颜料所得出的。画家将树脂与其颜料混合以获得更平滑、更有硬度的表面，乃是常见的做法。凡·艾克可能这样做过；关于他“发明”油画画法的传说声称，这源于他的兄弟胡贝特的实验，即寻找一种由煮沸、增稠的油制成的上光油，这种上光油会在阴凉处干燥，以避免日晒造成的裂缝。

由此看来，树脂酸铜是绿色铜盐与树脂的各种混合物在现代的总称；它不是一种孤立的色料，具有群青或红铅那样的明确地位。然而，以某种方式，这种新的绿色在15世纪末和16世纪被热烈地使用，其中的代表人物是乔瓦尼·贝利尼、拉斐尔、杰勒德·大卫、丁托列托和保罗·委罗内塞。但这种绿色随后就快速消失了，这可能表明它的阿喀琉斯之踵已经变得显而易见：树脂酸铜（至少在一些配制方式中）会迅速变暗成为棕色。

可以想象的是，人文主义者专注于将颜色与自然相匹配，使得对于绿色的需求比对其他任何颜色都要大。艺术家克服了他们习惯性的抗拒，即不愿通过混合蓝色和黄色来创造范围广泛的绿色；为此目的甚至用上了珍贵的群青。我们可以确信，这些试图以创新替代传统配方的画家，比以往任何时候都更渴望新的着色剂。

文艺复兴时期的蓝色

依他们的胃口，当然热衷于新的蓝色。在15世纪后期，群青仍然贵得吓人，蓝铜矿也谈不上便宜。那些想要鲜艳的蓝色，同时又负担不起这两种材料的赞助人或客户，有另一个选择——一种合成的“铜蓝”，它本质上是蓝铜矿（碱式碳酸铜）的人工仿制品。这种色料的构成少有人知，词汇方面的复杂性又为其增加一重模糊。以不同方式生产大致相同物质的制造商，可能会赋予它们不同的名称。由于色料不再被固定于它们的原始物质中，而是变成属性标签甚至抽象的颜色术语，相同的名称可能最终附加于不同的物质。难怪艺术家们并不总是知道自己在使用什么。

例如，对于17世纪的英国艺术家来说，天然蓝铜矿可能还有个别名叫“蓝色灰蓝”（blue bice），或者就叫“灰蓝”。在14世纪，bys只是一个意指“深暗”的形容词；“azure bys”意即深蓝。但是到了15世纪，bys或byse就真正成为意指蓝色的颜色术语了，也就是说它把自身附着于最常见的蓝色色料，即蓝铜矿上。在17世纪，它似乎没有其他意义。然而到18世纪，我们发现它适用于一种没有特定颜色内涵的物质：“灰蓝”是一种铜基色料（通常是碳酸盐）的属名，可以指蓝色材料，也可以指绿色材料。慢慢地，这个词开始指一种人造铜蓝，正是在此背景下，我们通常在现代文献中遇到它。

在对1600年至1835年艺术家所用色料的出色调查中，罗莎蒙德·哈利区分了蓝色灰蓝和所谓的碳酸铜蓝，后者很显然是一种合成铜色料。不过，碳酸铜蓝已经是一个近乎自相矛盾的说法，因为不难看出，该词源于古法语的verd de terre，如果愿意，可以理解成“绿土”。从这一点我们必定会推断出，最初合成的碳酸铜颜料实际上是绿色的，后面才有了蓝色变体。

碳酸铜绿和碳酸铜蓝具有相同的化学成分，它们也是天然蓝铜矿的化学成分：铜、碳酸盐和氢氧离子。但是，即使是碳酸盐与氢氧离子比例的微小变化，也会改变由铜离子赋予的颜色：碳酸盐减少，物质就是偏绿色的。在蓝铜矿中，碳酸盐与氢氧化物一样多；在碳酸铜绿中，氢氧化物是碳酸盐的两倍，就像在铜矿物孔雀石中一样。

这一类别的人造铜色料有时被称为“精炼工的碳酸铜颜料”，反映了它们来源于对银的精炼。原生银通常是与铜的合金。为了去除铜，铜金属被转化成硝酸铜，后者能溶于水。17世纪的瑞士医生泰奥多尔·杜尔哥特·德·梅耶内爵士声称，大约一百年前，银矿工在白垩（碳酸

钙）上洒下了一种硝酸铜溶液，白垩立刻就变成绿色。

然而，这个偶然发现的过程也很变化无常，难以控制：有时产生绿色色料，有时产生蓝色的。罗伯特·波义耳在17世纪调查碳酸铜蓝的制造时，就评论过这种不可靠性。1662年，波义耳的同时代人克里斯托弗·梅雷把这种情况描述如下：

> 让人感到奇怪又无比神秘的是，看到如此微小、无法察觉的细节……制造出一种又一种颜色，就像精炼工每天在制备碳酸铜颜料时发现的那样，他们有时把相同材料和数量的这种颜料用于Aqua-fortis［硝酸］，又用相同的铜版和白色［白垩］制备相当悦目的碳酸铜颜料，否则制备的就是更浅或更偏向脏绿色的。在这上面他们说不出理由，也无法碰巧发现一条特定规则，能总是使碳酸铜颜料显出悦目的蓝色，这样的蓝色价值是绿色的许多倍，利润丰厚。[93]

这样的难题必定向化学家提出了难以抗拒的挑战和刺激，虽然直到18世纪后期，一个名叫佩尔蒂埃的法国人才能够可重复地制造这两种颜色。生成物是蓝色还是绿色取决于制造时的温度，因此天气的变幻无常似乎可以解释精炼工的困惑。

到17世纪，碳酸铜蓝已不仅仅是副产品，它本身在产业方面就受到重视。在法国，它被称为cendres bleus，即蓝灰，很容易与被称为群青灰的低级颜料混淆。更糟糕的是，18世纪的一些英国制造商主动把这个名称纳入英语，作为“桑德斯蓝”售卖。有一段时间，这种色料的销售者（或至少是购买者）认为它不同于碳酸铜蓝——或者按后来的叫法，不同于蓝色灰蓝。化学家罗伯特·多西，影响广泛的专著《艺术的侍女》（The Handmaid to the Arts，1758）的作者，不无失望地发现，他的桑德斯蓝和碳酸铜蓝完全一样。

中世纪晚期那些据称能从银中制备一种神秘的蓝色物质的配方，其根源或许可以追溯到碳酸铜颜料的制造过程。在制造群青的技术完善之前，这种“银蓝”据说是所有蓝色色料中最好的。配方各不相同，但通常都涉及将银暴露于醋或氨的蒸气中。我们可以假定，银中的铜金属合金通过反应形成蓝色铜盐；不过，其中的神秘之处在于通常的规范要求，即银必须极为纯净，没有铜杂质（中世纪的银匠很善于做到这一点）。常有人声称这些配方源自“撒拉森人”——该事实显示了它们的炼金术起源，所以这里也许暗藏着一些对金属的混淆，一种金属被假定为转化成了另一种。

虽然琴尼诺没有提到人造蓝色铜色料，它们似乎最迟于16世纪

132就在广泛使用。此种色料相对便宜，大受室内装修设计师的欢迎。到17世纪，精炼工的碳酸铜蓝是用于房屋涂料的常用材料，既可作为水性涂料，也可作为油性涂料。碳酸铜蓝可以在英国许多庄重家庭的墙壁上找到，如在威尔特郡博伍德别墅的大会客厅：它是最早的“商业”色料之一。

多西有更多的理由来谴责商业颜料的粗心命名，或许他没有意识到。如果他买了蓝色灰蓝，可能会发现它完全不是铜基色料，而是极为不同的东西：蓝色的含钴玻璃，被称为“大青”（smalt）。

大青起源不明。传统上将其发明归功于波希米亚玻璃制造商克里斯托夫·舒雷尔，时间约在1540年和1560年之间。但它出现在迪里克·鲍茨的《耶稣下葬》（The Entombment，约1455）中，又与此矛盾，于是又被归于14世纪意大利的玻璃制造商。（乔瓦尼·贝利尼在15世纪后期对大青的使用，被归因于他对玻璃制造技术的兴趣。）另一种可能性是，它根本不是在欧洲发明的，而是起源于近东。毕竟，古埃及人就用钴矿石来为玻璃着色，波斯人也用它来制造蓝色珐琅和釉料。

钴在多种矿物质中天然存在，尤其是在砷钴矿石，即砷化钴和砷化镍的混合物中。暴露于空气中时，它会形成明亮的蓝色纤维状晶体，矿工称之为“钴花”。这是一种危险的“花”，因为矿物粉尘中的砷化合物含有毒性和腐蚀性。萨克森州钴矿石矿藏丰富，乔治·阿格里科拉在专著《论矿冶》（1556）中提醒那里的银矿工，要小心“某种cadmia［钴/锌矿石］，工人如果湿脚，脚就会被它吃掉，手也类似；它还会伤害他们的肺和眼睛”。在阿格里科拉此书的德语版中，这种邪恶的东西被称作kobelt，一个用来指困扰矿山、折磨矿工的侏儒和妖精的名字。学者约翰·马特修斯在1562年警告说：“无论魔鬼和他的可憎爪牙是否把他们的名字赋予cobelt，cobelt都是一种有毒和有害的金属，即便它含有银。”[94]

大青是到16世纪中期时广泛使用的色料，那时它已被大规模制造，尤其是在荷兰。该方法可能与17世纪一个名叫J.孔克尔的人描述的一样，此人是一家玻璃厂的经理。他说，矿石被焙烧，排出有毒的含砷蒸气。残余物是氧化钴，随后被粉碎并用石英（砂）和钾碱加热以产生熔融玻璃。玻璃浸入水中，随后裂成碎片，可以研磨以制备色料。为了保持其强烈的深蓝色，大青不能磨得太细；最后形成的沙砾肌理使其难以用作绘画材料。

最上等的大青带一点紫色，从而很适于作为群青的替代品。不过，一旦与油料混合，这种光泽就令人遗憾地减弱了——大青在水彩

画或湿壁画中表现更好。例如，它出现在威尼斯的德国货栈的一幅湿壁画（约1508）中，乔尔乔内和提香都在上面动过画笔。但是威尼斯画派的画家并不羞于在油料中使用大青：提香在《夜景下的圣母子》（Madonna and Child in an Evening Landscape，约1560）中用到了它，丁托列托的许多作品［包括《耶稣受难》（约1560）］和贡萨加·塞科的绘画（约1579）中也能发现它。保罗·委罗内塞和埃尔·格列柯使用了这种色料，还有凡·戴克［《女人和孩子画像》（A Woman and Child，1620/1621）］、鲁本斯［《耶稣下十字架》（Descent from the Cross，1611—1614）］和伦勃朗［《伯沙撒的盛宴》（Belshazzar's Feast，1636—1638）］。大青在18世纪的画作中相当常见，在20世纪50年代仍在制造。

颜料的成本

文艺复兴时期的画家从富有的赞助人那里承接委托，有很多材料可以选择。委托的性质决定了画作是画在湿壁画上、有底料的木板上，还是像16世纪那样，越来越多地画在涂有底色的画布上［波提切利的《维纳斯的诞生》（The Birth of Venus，约1485）是最早的大型布面画作之一］。但是，他选择了哪些色料来描绘红色、天空蓝、树叶和肉色呢？

对此，赞助人有很大发言权。例如，1434年，赞助人就要求佛兰德斯画家萨拉丁·德·施特弗尔，他为根特的方济会教堂祭坛所绘的圣母像，要有一件金布长袍，用精细的“蔚蓝”（群青或蓝铜矿）勾出轮廓，用绯红色淀上光。1446年，图尔奈的尼凯斯·巴拉特和昂图万的圣彼得教堂的合同中，也规定了使用蓝铜矿。赞助人知道他们在做什么；若能自由决定，艺术家会倾向于节约，使用大青或靛蓝而不是昂贵的蓝色颜料。迪里克·鲍茨的《最后的晚餐》（The Last Supper，1464—1468）不包含群青，只有蓝铜矿，也许是因为合同中没有关于材料的条款。亚历山大·泰鲁在谈到文艺复兴时期群青的使用时说：“在本可以不用群青的地方，什么样的吝啬不会被原谅？”

有时承包者会同意做这种妥协，以降低成本：雕塑家奥特马尔·凡·奥曼被告知，他1593年在伊夫列斯的圣马丁教堂的作品所用的材料要么是大青，要么是各种更便宜的铜蓝。在此类情形下，赞助人可能会央求艺术家发挥技能，使便宜的颜料看起来像是更上等的。

工匠行会在能力范围内会强制实施这样的标准。他们的规定禁止

会员用较差的材料代替较好的：佛罗伦萨画派的画家们被1315年至1316年的法规禁止使用蓝铜矿代替群青，而锡耶纳人的1355年的规定则不允许用红土或红铅代替上等的朱砂。面对斤斤计较的雇主，行会可能也不得不为会员争取利益。此外，画家还要受通货膨胀的摆布：大约1497年，菲利皮诺·利皮被迫对佛罗伦萨的菲利波·斯特罗齐的继承人采取法律行动，后者委托他装饰新圣母马利亚教堂的礼拜堂；由于色料价格上涨，在还未完工时利皮的钱就用光了。

上等的红色色淀在15世纪和16世纪早期价格昂贵，它们的制造在当时仍不多见，需要专门的技能。因此，在合同中指定这些颜料并不罕见，如在萨拉丁的合同中。色淀取代炼金术的朱砂成为最尊贵的红色这一事实，明显表现在北欧艺术领域使用后者作为前者底层色的普遍做法中。

赞助人并不太在乎黄色、绿色或黑色，这些都相对便宜；所以，相对于更有吸引力但也更为昂贵的雌黄，艺术家倾向于使用铅锡黄。卢卡斯·克拉纳赫是该时期已知使用了雌黄的唯一的德国艺术家——可以推想，这与他自己拥有一家药店，因此可以随时获得更多的异国材料不无关联。

作为中世纪显性消费的象征，色料作用下降的最明显标志之一是黄金的使用。贴金显然不是自然主义的态度：放在平面上的金叶看起来不像三维的金色物体。阿尔贝蒂警告说，它的外观根据光的反射方式而变化："在平板上的黄金中完成时，许多本该呈现为明亮和发光的表面，对于观看者来说是暗沉的，而另一些本该是更暗的，可能看起来更亮。"[95]因此，他规劝画家使用色料和技巧，而不是通过金属本身，来表现如锦缎这样的金色表面，因为"用颜色来模仿金色光线的画家受到更多的钦佩和赞美"。

追踪整个15世纪贴金的消失是令人着迷的。在中世纪金色底子和后来对黄金更自然主义的运用之间，一个令人好奇的过渡片断，是《圣休伯特的归附》（The Conversion of St Hubert），在15世纪下半叶由科隆的圣母生平绘画大师工坊（Workshop of the Master of the Life of the Virgin）所绘。在这里，我们发现一片金色"天空"，它与对自然主义景观的尝试并置（不过，画家没有沿袭达·芬奇对自然的专注，并且似乎已经从一本书中学会了空间透视——为远山着上蓝色）。在威尼斯画派的安东尼奥·维瓦里尼与乔瓦尼·达勒马纳合作完成的《圣母与四圣徒》（Madonna with Four Saints，1446）中，金色被用于圣母的光环和长袍的一些锦缎，但黄色色料被用于宝座和镶板墙——技巧相当熟练，几乎骗过了人们的眼睛。艺术家的技能已经优先于材料的价值。在温琴佐·佛帕的《王者来拜》（Adoration of

the Kings[96]，约1510—1515?）中，贤者（the Magi）仍然被赋予以红色罩色的贴金冠冕，但其余部分遵循着文艺复兴风格。卡洛·克里韦利令人惊讶的《画有圣埃米丢斯的圣母领报》（Annunciation，with St Emidius，1486）（彩图5.6）呈现给我们的，是完美的、近乎卖弄的角度和丰富多样的色彩运用——但从天上射下的照在圣母眉头的光束是金叶做的。在这里，贴金的非自然主义的性质提醒我们，来自天上的光束在自然界之外。它就像一个来自中世纪的临别赠言，在此之后，人类的经验便取代神的权威，成为艺术家的指南和导师。

由于材料失去了它们的象征性优点，画家关于颜色的决定就变得纯粹与金钱相关了。药店（16世纪初艺术家色料的主要供应商）的价格表很好地表明了，为什么某些颜色比其他颜色更受欢迎。1471年，内里·迪·毕奇在佛罗伦萨为每盎司优等的蓝铜矿支付的价格，相当于优等的绿色（verde azurro，可能是孔雀石）、优等的红色色淀和上好的黄色色淀（arzicha）价格的两倍半。深黄（这里称为giallo tedescho，可能是铅锡黄）是蓝铜矿价格的十分之一，白铅的成本则只有其百分之一。与此同时，群青的价格比蓝铜矿贵十倍。因此，价格差异远远大于当今的画家所遇到的，这无疑会对颜色的选择具有相应的影响。

艺术家必须随时准备好为材料奔走。许多大城镇有本地供应商，但最好的色料通常只能在主要商业城市才能找到。佛罗伦萨吸引着四面八方的艺术家：法国画家纪尧姆·德·马尔西拉甚至为他在阿雷佐的湿壁画从这个城市订购低级的大青和土质色料。利皮为斯特罗齐礼拜堂订的合同意味着，即使是佛罗伦萨也可能无法满足他的需要：合同中提到他可能需要去威尼斯，大概就是去购买色料。德国和法国画家将前往科隆；佛兰德斯艺术家涌向安特卫普和布鲁日。

如需要签订合同来约定这个事实本身所暗示的，这些旅行可不是平庸的琐事。画家可能不得不仔细筹划——他或许可以卖掉多余的存货给同行，但短缺就不一样了。画家的命运掌握在地理的手中，因为不同颜料的获取难度和质量在各个地区都不一样。

这就难怪画家如此珍视材料，如此细致地准备和应用它们。这两项活动经常由学徒在师傅的工坊内进行，执行着严格的标准。和他那个时代的其他大师级画家一样，丢勒并没有画下归于他名下的所有作品的每一笔；但在他画下每一笔的作品中，调色板上的颜料都是由他亲手研磨，与他亲自净化的油料混合的。为了保护完成的作品，丢勒只相信自己亲手做的上光油，担心（可能不无理由）别人制作的上光油会变色：

> 一两年或者三年后，我打算给它们上一道新的、其他人不知道的上光油，这样它们的生命将增加一百年。我不会允许其他任何人来给它们上光，因为其他上光油都是黄色的，会损坏我的画板。[97]

丢勒在自己的画上过于投入的细心和专注，在他1508年写给雅各布·海勒的一封信中表露无遗，此信描述了他在一座祭坛上的工作。“我记住要画四、五或六道底色。”他说（这还只是底部涂层）。一年后他补充说：“我使用了所能得到的最好的颜料，尤其是上好的群青……由于准备的量很足，我在最后多加了两层，这样能持续更长时间。”我们可以看出，这些艺术家在竭尽所能地为千秋万代作画。

颜料之城

如果想了解文艺复兴时期的色彩运用与粗俗的商业和牟利相勾连的程度，我们可以看看东方的异国色料运往西欧途中那口令人陶醉的沸腾大锅：威尼斯。岛上的港口早在9世纪就与阿拉伯世界有贸易往来；马丁·达·卡纳尔在《威尼斯人纪事》（Cronique des Vénitiens，1267—1275）中说：“商品穿过这座高贵的城市，就像水流经喷泉。”从爱琴海群岛运来的是糖和葡萄酒，从远东运来的是香料、瓷器和珍珠。北欧提供矿物、金属和毛料，而埃及和小亚细亚则是宝石、染料、香水、陶瓷、色料、明矾和丰富的纺织品的来源。

威尼斯也是13世纪和14世纪的十字军东征之后，拜占庭艺术从君士坦丁堡被带到西方的主要渠道，威尼斯海军也参与了这些远征。拜占庭艺术因耀眼的宝石作品而光华四射，它使用丰富的色彩来传达光线和空间的印象。正是这些品质，而不是布鲁内莱斯基的数学观点，越来越吸引着威尼斯艺术家。他们当然使用了透视法，但也坚持一个理想，即视空间为被感知和看见的东西，而不是通过几何加以计算的对象。

看来很有可能的是，城市气候本身也决定了威尼斯的风格。潮湿的空气营造出微妙的光线变换，水道投下强烈的倒影，与托斯卡纳和意大利中部硬朗的明亮相比，形体变得朦胧。使威尼斯的圣马可大教堂如此灿烂的拜占庭风格的镶嵌画，以闪烁的光学效果为这座城市的画家们上了一课。

威尼斯画派画家对于尝试用进入港口的新颜色作画乐此不疲。提

香使用的色料范围极广，包括雌黄以及文艺复兴时期唯一“真正”的橙色——雄黄，大约1490年起可在威尼斯买到。威尼斯作为上等色料最好来源的声誉，从菲利皮诺·利皮为斯特罗齐礼拜堂所订合同的“差旅特许权”（travel concession）中就能明显看出。柯西莫·图拉于1469年从费拉拉来到威尼斯，为他在贝利古亚尔多礼拜堂的作品采购材料。

从大约15世纪40年代起，威尼斯人采用帆布作为他们作品的主要基底材料——早于意大利其他地方，无疑是由于存在一个迅猛发展的造船业，能生产帆布织物。这种偏好的推动力量，可能在于潟湖湿润的、含盐的空气比意大利中部更容易激烈地侵蚀湿壁画。画布的粗糙肌理更有利于不那么精确的轮廓，而不是佛罗伦萨人在木板画作品中实现的轮廓分明。威尼斯艺术家丁托列托（雅各布·罗布斯提，1518—1594）试验了这种肌理提供的可能性，放弃了通常用来使画布平滑的厚厚的底料涂层，以便探索粗糙织物在大型作品中从更远的距离观看时获得的力量。提香使用这种纹理来获得类似于光学混合的效果，让底层色从间隙处显示出来，经由这些间隙，笔触穿过了具有特定肌理的表面。这里没有瓦萨里赞不绝口的那种不着痕迹的努力；与中国和日本的艺术家一样，提香让他笔触中的力量显而易见，这就是他的画充满生气的原因。

自从乔瓦尼·贝利尼（约1431—1516）在15世纪70年代向威尼斯引入油画技法以来，威尼斯画派画家们便用这些技法创造出大胆、明亮的色彩——这是诗意的视觉语言的元素，讲述着戏剧性场景、激情和强化的情感。他们的艺术是感官的艺术，与佛罗伦萨的理性方法恰成对比。[98]

瓦萨里告诉我们，文艺复兴盛期的三位伟大的威尼斯画派画家，也就是乔尔乔内（约1478—1510）、提香（约1490—1576）和塞巴斯蒂亚诺·德尔·皮翁博（约1485—1547），都是在贝利尼的画室接受绘画训练的，在那里他们应该学习了贝利尼的风格，通过多层罩色创造丰富和复杂的色彩渐变。提香对此种方法的使用相当极端，他的一些作品有复杂的分层颜料结构，几乎无法解读。“透明色层，30层或40层！”据说他曾经如此大喊。这当然是夸张的说法，但也并非全无根据：对提香《基督复活》（Resurrection，1519—1522）中阿韦罗尔迪主教的黑斗篷的分析，揭示了底料和上光油之间各不相同的九个涂层，包括铅白、朱砂、灯黑、蓝铜矿和某种蓝紫色色淀。[99]

作为构图的颜色

提香使用颜色作为建构的媒介，不是为了装饰或象征目的，而是作为艺术表达的手段本身。他的画是由颜色来构图并统一的。以前，画作是通过规定空间构图的规则来获得连贯性的，例如，圣母总是放在中心位置。提香无视这样的约束：在《圣母、圣徒和佩萨罗家族的成员》（Madonna with Saints and Members of the Pesaro Family，1519—1528）中，圣母坐在右边，而圣彼得处于中央位置，画面的平衡是通过将一面旗子（可怕！）放在圣母的对立位置来实现的。为了满足人眼对结构的需要，对明亮的原色竟玩了这样的花招！圣母马利亚的红色宽大外衣与红色旗子相配，而她的蓝色长袍则把我们引向圣彼得服饰的蓝色，后者与黄色的长袍形成鲜明对比。

提香早期的这一幅作品及其他作品中强烈的固有色，是15世纪“彩色绘画”（chromatic painting）的明确继承者，它们都有孤立的明亮原色，都有红色和绿色、蓝色和黄色的阿尔贝蒂式对比。提香调和这些刺目色相的能力近乎奇迹。

威尼斯艺术中颜料表面的复杂性，不仅仅是努力实现新的阴影的结果。这些作品中有许多在创作的同时也在进行大幅修改——这表明威尼斯人并不总是像佛罗伦萨艺术家那样，会先行认真地筹划和绘制自己的设计，而是一边绘制一边构图。乔尔乔内是首先以这种方式创作的人之一。他著名的神秘绘画《暴风雨》（The Tempest，约1508）的X光片显示，有一个把脚浸入水中的女人，位于画面左边的士兵下方，却被涂掉了。不用说，这个早期的构图会从根本上改变画作的整个基调，表明乔尔乔内在一开始时没有固定的想法。提香有时会先把背景涂满，再把前景中的人物画在最上层。人物轮廓下新的白色底子，确保了各种颜色能保持亮度。

这就是提香最著名的作品《酒神巴库斯与阿里阿德涅》（彩图5.7）是如何凑成整体的。委托作画的赞助人——费拉拉的阿方索·德斯特把卡图卢斯和奥维德的文本发给提香，让艺术家感受神话语境。画作显示阿里阿德涅看着她的情人忒修斯的船离开，此时酒神巴库斯到达，从战车上跃身而起，宣称她是属于自己的。阿里阿德涅正坚贞地转过脸去，但巴库斯的征服最终还是成功了。

这幅画中几乎用到了所有已知的16世纪早期的色料。绿色的有孔雀石、绿土、铜绿和“树脂酸铜”。群青被滥用了，不仅用在阿里阿德涅的长袍上，而且用于非同寻常的天空、遥远的山丘，甚至用在一些肉色的阴影中。阿里阿德涅的围巾是朱砂，其强烈的不透明性在这里需要与蓝色长袍形成对比；提香通过在一道研磨更细的厚涂层上，用一层薄薄的粗底深色色料罩色，来让它显得格外鲜明。这样的手法让人明显看出，画家知道如何把材料用到极致。巴库斯随从中敲钹的人

的橙色长袍格外生动，因为提香在这里凭借优势，用上了威尼斯能买到的雄黄。[100]

这幅画由于大胆的、区别明显的色彩而光彩照人；但提香打破了阿尔贝蒂的颜色对比"规则"，将蓝色的长袍放在蓝色的大海和天空旁边，并且让温暖的橙色和黄褐色彼此相邻。他依靠材料来区分长袍和大海——群青是长袍，偏绿的蓝铜矿是大海。

提香的《男子肖像》（Portrait of a Man，约1512）（彩图5.8）中主导着画面的蓝色袖子，显示出绘画已经从13世纪僵硬的色域向前走了多远。"蓝色"不断变化着色彩和色相，事实上大部分的蓝色更接近于灰色；但是，让人在整体上感觉色调偏高的，主要来自肩膀上更浓烈的蓝色。有人提醒我们注意一个说法——有时被认为是提香说的，即画家应该使用威尼斯红（一种土色），但要使它看起来像朱砂。

在提香后来的作品中，这些微妙的调节被用于产生色彩的连续性，一种和谐的整体色调，这种风格被称为"色调绘画"（tonal painting）。这正是我们在《圣母领报》（The Annunciation，1559—1562）、《塔奎和卢克雷蒂亚》（Tarquin and Lucretia，1568—1571）、《达娜厄》（Danae，1553—1554），在为乌尔比诺公爵画的《维纳斯》（Venus，1538），以及在非凡的近于印象派风格的《阿克泰翁之死》（Death of Actaeon，1559—约1562）中看到的，它看起来准备把我们直接带到19世纪。中世纪晚期勾画分明、对比强烈的颜色被丢弃了，一个处于中心位置的颜色主题贯穿整个构图。在《达娜厄》中，该主题是女神的身体及其阴影那玫瑰般的洋粉红色，它和谐地加深了帷幕上的洋红色或火焰云边缘的蓝紫色。这幅画作中有蓝色、绿色和灰色，但又不许它们破坏场景的统一性。

威尼斯画派画家的色调绘画与达·芬奇有些共通的地方，后者使用颜色来统合元素而不是将它们分开，同时并不牺牲高色调的颜色。这种风格由提香的继承人丁托列托和保罗·委罗内塞以各自独特的方式采用了。

提香用他激烈的新风格为威尼斯人带来愉悦，也让他们惊叹不已。传说中，查理五世皇帝弯下腰，拾起这位大师在画室里创作时掉下的一把刷子：这是一种屈尊的姿态，其庄重性我们今天很难完全领会。在其后的数个世纪中，画家一定觉得他们是在提香的阴影下工作。如何才有可能取代这样的天才？

第六章 古老的黄金——简朴调色板的复兴

从浅浅地绘制阴影开始吧。防止白色进入它们；白色是画作的毒药，除非用在亮部。一旦白色使阴影的透明性和金色暖意变得晦暗，你的颜色就不再灿烂，而是变得无光、灰暗。

——鲁本斯（据称）

暗色是他画作的基本色调，占据了这些画的大部分区域……但是这种暗色是如此充满生气！从最为鲜明的中间色调——棕色和黄色开始，它们通过多层透明色层和高光逐渐加深，并使其明度如此丰富，难以言表！

马克斯·德尔纳，《艺术家的材料》[101]（The Materials of the Artist，1949），论伦勃朗

提香离世约六十年后，安东尼·凡·戴克（1599—1641）来了，他是为英国查理一世“画像”的荷兰人，为他的皇家赞助人画马背上的肖像（彩图6.1）。画的背景中，遥远的山丘和天空在左，森林在右，地形顺着位于中心的人物的凝视缓缓地倾斜：除了没有大海，其余就像酒神巴库斯让阿里阿德涅感到惊讶的那个地方。但是这样的比较仅止于此。提香的天空闪耀着光彩，凡·戴克的天空色调低，呈灰色。提香的绿色是属于春天的；在凡·戴克的昏暗林地中，夏天已经过了。皮肤在提香的画面中温暖地发着光，他的衣纹是生动的。查理和他的马是偏冷的肉色，甚至连皇家鞍布也不那么显眼。

调色板上发生了什么，让它竟变得如此素淡和克制？凡·戴克可以获得提香使用的所有颜料（虽然难度有别）。然而在伦勃朗的学生阿尔特·德·格尔德在《扮作宙克西斯的自画像》（Self-portrait as 144Zeuxis，1685）中描绘的调色板上，只有红色作为明亮的原色，在从白色经由赭色，再到棕色和黑色的过渡中清晰显现——这在图画中反映得同样多。在凡·戴克的查理一世头上的天空中几乎没有群青：大多是灰蓝色的大青和白色。鞍布边缘为靛蓝和白色；树叶和前景以

赭色、棕色和黑色罩色。

把画作的所有单调乏味都归咎于凡·戴克是不公平的：上光油变暗了，一些色淀色料褪色了，而且大青的天空也可能变色了。但是，艺术家显然无意效仿文艺复兴时期艺术的丰富多彩。凡·戴克偶尔的确会画色彩明亮的图像，但他的英国国王肖像画表达着一种新的审美，对鲜明的色彩充满警惕。

在艺术领域创造和使用色彩的故事中，巴洛克时期代表着一个奇怪的插曲。16世纪末和17世纪的画家们并不那么看重创新，他们重视的是选择颜色时的节制和驾驭能力。到17世纪的曙光显现时，乔治·瓦萨里和意大利学院派学者的倡导，已经在很大程度上确保了线构对色彩的胜出。这种观念的影响很快蔓延到法国，柔和的调色板与深色的明暗对照成为欧洲艺术的主导风格。当我们想起法国人尼古拉·普桑（1594—1665）和克劳德·洛兰（1600—1682），或者荷兰肖像画家弗兰斯·哈尔斯（1580?——1666）和凡·戴克时，并不是因为他们用色的丰沛。正如德尔纳正确评价的，伦勃朗画出深色的阴影和金色的光，在其笼罩之下所有的东西都变成温暖的棕色，此种棕色在他笔下是美丽的。但在少数人的手中，这种棕色变成了恪守常规的色相，属于一种被用来安抚鉴赏家和保守的赞助人，而不是激发感官的艺术。

因此，我们不得不暂时放弃以前的时代给看惯了色彩的眼睛提供的眩晕兴奋，在17世纪和18世纪的调色板中寻求一种更微妙的趣味。不过，文艺复兴并不是以颜色简单而一致的屈从告终的。相反，它在16世纪晚期疯狂实验的迷宫中迷了路，在这座迷宫中，一些路径导向阴沉的昏暗，另一些则指向了绚丽又俗气的景观。最重要的是，一幅画竟然要用刺激和新奇来吸引眼球。许多人努力（往往是用力太甚）留下深刻印象，他们矫饰的作品创造出了“手法主义”这种风格。奇怪的是，这种表面上属于自由主义的态度，竟出现在由缺乏宽容、专制主义和教条主义的重新出现塑造的社会背景下。教会正在准备做出反击。

新的样式

路德的宗教改革引发了反宗教改革，就好像预先演示了牛顿的作用和反作用定律。这是在启蒙运动将上帝的地球从所有创世的中心永远放逐之前，神权最后一次试图获得主导。教会眼见自己的权威受到人文理性主义的破坏，于是重整并施加了一套类似于中世纪的神学价

值观。罗马教皇称，古典时期（即基督教之前）的学问都很好，但所有良心问题的终极仲裁者是上帝（或他在地上的代理人），而不是科学或自然。作为人的良心的审判官和守护者，耶稣会和宗教裁判所发挥着它们的职能。

教会反动派极为老练，足以认识到艺术是宣传者的有力工具。图画作为有可能成为“文盲圣经”的文本，在文字无力的情况下能向未受教育的人说话。在1545年开始思考教会政策的特兰托公会议，有规定要求宗教艺术应以浅显的方式描绘事物，并进行费时费力的编纂整理工作。所有的天使都必须有翅膀，所有的圣徒都要有光环。如果身份不明显，则必须带上标签，不要理会现实主义或审美方面的要求。颜色再次变得明亮，以直接诉诸所需的情绪。裸体会引起不快，即使在那些似乎受到《圣经》支持的情况下。到处都谈性色变。米开朗琪罗用于装饰西斯廷礼拜堂的《最后的审判》（Last Judgement），其中的裸体人物引发了争议。教皇保罗四世下令，在裸露的私处画上衣纹；在庇护四世的命令下，又补画了更多衣纹。即便如此，这幅壁画还是146几乎没有逃过彻底破坏的命运（埃尔·格列柯戏谑地提出，用一幅“端庄又体面，画得不比它差”的作品来替代）。1582年，雕塑家巴托罗米奥·阿玛纳蒂宣称，如果做得到，他会毁了以前雕刻的所有这些裸体男人和女人的形象——这种态度在艺术家中可能非常极端，却说出了那个时代的情绪。

那些继续坚持文艺复兴人文主义的艺术家则有可能受到谴责，甚至面临更坏的遭遇。1573年，保罗·委罗内塞（约1528—1588）被迫在宗教裁判所面前为他的《利未家的宴会》（Feast in the Home of Levi）辩护，后者要求知道为什么这幅作品包含了《圣经》中没有提及的人物。他坦率地承认，这些人物在那里是填补空间的（有很多空白要填）。就算这样，他仍然被命令重新绘制这幅画。对《圣经》的拘泥在那时蔚然成风。

所有这一切似乎意味着，反宗教改革者寻求回归到一种朴素的中世纪的简洁中。事实上，其中一些人，例如教皇保罗四世和庇护五世，正是这么想的。但到16世纪末，显然需要采取更有力的办法来对抗新教的成长。耶稣会会士们认识到，欣喜若狂的情绪，而不是严格禁欲，才能唤起人们的心。他们的反智策略定下了1620年以后反宗教改革的基调，但这种策略在艺术上打下烙印的时间要早得多。

在这样的气氛下，达·芬奇对准确观察和测量的坚持遭遇失败，几乎没有什么可奇怪的。1607年，罗马美术学院（Academy of Drawing in Rome）院长、建筑师兼画家费德里科·祖卡罗（约1543—1609）不无准备地宣称：

> 绘画艺术不是来自数学科学，也没有任何必要为了自己的艺术而诉诸这类科学来学习规则或手段，就连出于抽象地思考这门艺术的目的也不必这样做：绘画不是数学的产物，而是自然和素描的产物。[102]

祖卡罗作为他那个时代有影响力的理论家，站在一个令人好奇的节点上。他谜一般地既倾向又反对人文主义的理性方面，但是他又哀叹手法主义的泛滥，认为这种泛滥导致了意大利艺术水准的下降。祖卡罗抱怨那些早期手法主义者的任性、疯狂、愤怒和奇怪的创新，但他自己的作品很难说没有沾染这些炫耀性冲动的一些污点。

手法主义的狂野实验毫无疑问地受到反宗教改革的反理性主义的认可，但不能完全归结于它。到16世纪中叶，许多意大利学院派艺术家已经开始采纳手法主义典型的风格化特征。作品的价值越来越被视为声誉的一种功能，由艺术家的"判断"决定，不论他的技术能力如何。这种态度渗透于瓦萨里的文字作品中，对于他来说好艺术的极致是良好的审美趣味。虽然也在口头上赞同有必要模仿自然，瓦萨里还是倡导画家要超越自然，并在数学技巧面前培养文雅的眼光。在一份倾向于支持形形色色主观武断的艺术势利行为的声明中，瓦萨里声称，一位艺术家的最高美德，即grazia或优雅，是一种天然的礼物，无论付出多少勤奋都无法获得。他说，体现这般精妙之处的作品，隐藏了任何进入作品的人为努力迹象。瓦萨里认为提香对自然过于忠实（"自然的某些方面往往谈不上有美感"），支持把拉斐尔看作优雅色彩的代表。他认为"德国"（哥特式）艺术特别可恶：野蛮且充满"混乱和无序"。

手法主义画家摒弃了比例和构图的自然规则，仅通过对审美趣味的主观考虑来接受评判并做出判断，同时又被前辈们天资的非凡爆发逼得快发疯了；他们想出了一些非常奇怪的诡计，试图吸引注意。帕尔米贾尼诺的《长颈圣母》（Madonna，约1532—1540）是其中最臭名昭著的，无疑也可能是所有"伟大"的画作中最丑陋的。优雅、呆滞的圣母，其脖子和手指的比例近乎荒谬，而她怀中婴儿的头连接到了一个年龄大得多的身体上。无论这种别出心裁在意大利名媛的眼中是否算得上美丽或优雅，现在看来，它无疑应该被称为"矫揉造作"。

认为这种夸张造成了艺术的普遍堕落的，并不只有祖卡罗一人。看起来，唯一的矫正方法在于研究和模仿文艺复兴时期大师们的技艺。这种悲叹将在之后的两个世纪中频频回响，以至于即使在1790年，当有人（欺诈地）主张重新发现了"威尼斯秘密"——提香和他的同时代画家使用的技术和材料时，还是让轻信的人兴奋不已。

因此，16世纪晚期和17世纪早期的画家，其工作环境受制于新出现的宗教不宽容气氛，同时又被虔诚的激情弄得过于激动。他们敏锐地意识到上一代前辈们取得的巨大成就，但创造这些作品时凭借的规则已经消失了。在这座令人困惑的迷宫中，每个人都不得不寻找自己的出口。

在大师们的阴影下

在威尼斯，保罗·委罗内塞（Paolo Veronese）无疑在对颜色的过度使用上继承了提香的风格。如名字所示，他生于维罗纳（Verona），1555年开始在威尼斯工作，并热切地利用这个城市所能提供的每一种颜色：群青、蓝铜矿、大青、靛蓝、胭脂红色淀、朱砂、红铅、铅锡黄、雌黄、雄黄、树脂酸铜。在他的一些作品，如《三王来朝》（Adoration of the Kings，1573）（彩图6.2）和《利未家的宴会》中，特别引人注目的是一种亮绿色，它由三种色料分两层混合而成。这已成为一个持久的商标，18世纪的合成色料翡翠绿在法国就被称为“保罗·委罗内塞绿”（vert Paul Véronese）。委罗内塞很大程度上放弃了早期威尼斯画派画家喜爱的复杂罩色技术，转而在调色板上混合颜色。和提香一样，他使用互补的对比来增强色彩的鲜明，从来没有让它们被那些在同时代画家中流行的强烈明暗对照淹没。如果说委罗内塞受到了手法主义的触动，那也无疑是威尼斯式的，因为他没有采用作为当时意大利中部艺术典型特征的任何一种结构扭曲。

丁托列托不那么克制。他忠实于时代的风尚，为吸引注意而作画——即使这需要牺牲一致性。如《圣马可解救奴隶的奇迹》（The Miracle of St Mark Freeing the Slave，1548）和《圣乔治和龙》（St George and the Dragon，约1560）（彩图6.3）这样的作品，充满了狂乱的情节剧，颜色往往用到极致。在《圣母领报》（1583—1587）中，矫揉造作的视角被无情地歪曲，而一群小天使从窗口滚落，姿态近乎滑稽。对丁托列托来说，分明、强烈的颜色只是实现目的的一种手段，此目的即让观众兴奋和震惊。不足为奇的是，如瓦萨里这样的保守学者看出了在丁托列托令人屏息的风格中缺乏对技术的适当关注。瓦萨里称他的草图“过于粗糙，他的画笔笔触显示出的更多是力量而不是判断，似乎是随意画下的”。

丁托列托的许多作品由它们昏暗、沉重的色调一望而可知，其中的人物和物体以近乎鬼魅、散发光辉的高光衬托出来。他通过使用暗

沉的、红棕色的底子来寻求色调的统一，这种底子甚至比达·芬奇运用渐隐法时所用的更深。卡拉瓦乔使用相同的技术，把他的场景置于天鹅绒般的阴影的笼罩下。丁托列托的一些底层色运用的混合色极为复杂，人们只好认为画家不过是通过刮擦调色板来获得这些混合色的。和提香一样，他使用了手边可用的几乎所有色料，把它们以不同寻常的组合方式调和在一起，以“打破”各种色彩。

不按正统方式来选择颜色，被其他手法主义画家视为打下个人印记的一种方式。晚年的米开朗琪罗有时被算作其中之一。毫无疑问，他极为关心颜色，但他对非自然主义的换色法的运用表明，他不那么关心僵硬的现实主义。

但是，对于手法主义那奇怪的不知节制，没有人比克里特画家多米尼柯·狄奥托科普洛（1541—1614）体现得更为生动了，此人的国籍让他获得外号埃尔·格列柯。在威尼斯师从提香学习后，埃尔·格列柯搬到西班牙的圣城托莱多，在那里他承接了教会的许多委托工作。为何即使在16世纪末烦躁的、不羁的艺术氛围中，他的极端非自然主义着色，加上令人惊讶的结构扭曲，竟能赢得批判性的赞同，这仍然是一个谜。那些苍白的人物，穿着蓝色、茜草红和蜜棕色的长袍，在一个光怪陆离的世界里扭动——画家的同时代人如何看待他们？埃尔·格列柯的风景画，特别是他非凡的托莱多系列绘画，在塞尚的山坡旁边不会显得不协调。事实上，直到20世纪的那些风格重新引导着人们的目光，他的作品才得到重新发现，而此前它们曾长期被视为不可理解。俄耳甫斯主义者罗贝尔·德劳内和索尼娅·德劳内夫妇曾在20世纪的第一个十年实验抽象的明亮色彩，并将埃尔·格列柯视为前辈，这就很能说明问题。

秋天的颜色

对于如何推进文艺复兴时期极为重要的颜色创新这一问题，另一个回应是避开它，使颜色服从极端的光和影。对于琴尼诺和阿尔贝蒂来说，明暗对照意味着通过添加黑色或白色来使纯净、明亮的色料的色调变亮或变暗。但是，文艺复兴后期和随后的巴洛克时期成为暗影的时代，弥漫的黑色与黄褐色的高光形成激烈对比。柯雷乔、卡拉瓦乔和伦勃朗都是黑色和棕色的圣手。

在这种金色的光芒和浓密的昏暗中出现了几种新的黄色、赭色和棕色色料，这是不是一种巧合？在17世纪之前，艺术家从未有过如此

充足的装备，能够用有光泽的高光来涂抹画布，通过红润的色调调制出漆黑的昏暗。

棕色无疑是所有色料中魅力最小的。它们得不到能工巧匠的青睐，因为从地里可以挖出各种各样不同色相的棕色。在尚无历史记载的时代就在使用的赭石（氧化铁）中，来自托斯卡纳的锡耶纳市的赭石在文艺复兴时期备受推崇。生赭是一种淡黄色色料；经焙烧成为熟赭，带有温暖的棕红色。

对于昏暗的调色板来说，没有什么色料能与棕土（umber）的深厚相媲美。由于锰在氧化铁中占比高，棕土比赭色色料颜色更暗，因此在15世纪末前后的欧洲绘画中有了用武之地。一些作家认为，这个名字具有地理上的渊源（与赭色对应着锡耶纳一样[103]）：来自意大利的翁布里亚（Umbria）。但是棕土似乎更有可能来自拉丁语词ombra，意即“阴影”。毕竟，欧洲棕土主要是从土耳其，而不是从意大利输入的；焙烧的棕土（熟褐）那浓郁的红棕色对于渲染暗沉而半透明的阴影极为有用。英国人爱德华·诺加特在17世纪20年代写道，熟褐是“一种油腻而难闻的颜料，如果刚买回来就加以研磨，会很费力，但对于阴影和涂层等极为有用”。[104]

如果画家们能得到他们应得的颜料，我们就知道在安东尼·凡·戴克的作品中能看到什么了。卡塞尔土这种色料，在英国大约从1790年以后被称为“凡·戴克棕”，它是一种单一棕色，比较单调。它之所以是一种“土”，只因为是从地面下获取的；这不是矿物，而是源自泥炭或褐煤的有机材料。这种色料的最早来源地接近德国城市科隆和卡塞尔；在17世纪，其别名包括科隆土（Cologne earth）或其讹误形式“卡伦土”（Cullen earth）、“科伦土”（Colens earth）。当时，它通常被列为一种黑色，而诺加特也因为那种日益风行的成分而称赞其品质：他说，“以它来结束静物画阴影部分最后和最深的几笔很好，在风景画中也同样很有用”。这种色料在油料中的透明度使其昏暗显得疏朗，凡·戴克将它用作实现暗淡效果的透明色层。

在19世纪的比利时，凡·戴克棕被归于鲁本斯棕这个名称下面，因为凡·戴克是从他的老师、安特卫普最伟大的大师[105]那里养成绘画习惯的。马克斯·德尔纳声称，鲁本斯用卡塞尔土“与金色赭石混合，充当一种温暖的透明棕色；此种棕色表现出色，特别是在树脂上光油中”。该色料并不容易清晰确定，但在鲁本斯和伦勃朗，可能还有委拉斯开兹的作品中都有发现。托马斯·庚斯博罗（1727—1788）充分利用了“科隆土”——与对手乔舒亚·雷诺兹（1723—1792）一样，他从凡·戴克那里获得了对色料相同的审美趣味。

凡·戴克和承袭他的英国画派也从一种不吸引人的焦油物质（被称为沥青）中获得棕色。很难相信，这种不起眼的东西，一种来自原油蒸馏的残渣，除了在一个沉迷于棕色的时代之外，还会被赋予许多价值。伦勃朗是一名技术极为娴熟的工匠，他在红棕色的透明色层中使用沥青，毫无闪失；但在一个像雷诺兹这样的无节制的实验者手中，这就是灾难性的。沥青根本不能正常干燥，厚厚的膜也容易流动。此外，当表面涂层凝固时，它会收缩和起皱，使得涂在顶层的任何材料破裂和卷曲。19世纪初的法国画家们，拘泥于一种要求具有深色的、半透明阴影的明暗对照，急于抓住沥青那诱人的温暖色调，等发现其隐伏效果时已经太迟了。泰奥多尔·席里柯在《梅杜萨之筏》（Raft of the Medusa，1819）中使用了它，大吃苦头，甚至现实主义画派的居斯塔夫·库尔贝在使用它时也有欠考虑。在20世纪20年代，马克斯·德尔纳严厉地警告称，“在所有技术中都不建议使用它”。

凡·戴克在给他的阴影部分上光时，喜欢用一种类似的暗色焦油色料，它叫作“色料褐”（bistre）——例如，在他的肖像画《约翰·斯图尔特勋爵与其兄弟伯纳德·斯图尔特勋爵》（Lord John Stuart and His Brother，Lord Bernard Stuart，1638—1639）中，这种色料就发挥了重要作用。它是由烧焦的榉木或白桦树皮的煤烟制成的，不是新材料，至少从14世纪起就已经用于手抄本彩饰；但要想在油料中充分使用它，则需要技巧和知识。

再贴切不过的是，这个名字现在表示的是一种棕色肉酱，类似印象派在19世纪早期的学院派艺术中鄙视的“棕色肉汁”，它也渗透于雷诺兹、庚斯博罗和康斯太勃尔的画布中。没有什么比艺术家兼鉴赏家、康斯太勃尔的赞助人乔治·博蒙特爵士的话，更好地反映了这个时代古板的保守主义：“一幅好的画作，就像一把好的小提琴，应该是棕色的。”

（为了公平对待康斯太勃尔起见，我们应该记住，他曾在草地上放置一把小提琴来表明自然并没有那么灰暗。康斯太勃尔的许多作品在习惯了20世纪颜色的现代人眼里显得简朴，但在当时那个年代却被认为过于明亮、有些大胆了，据说皇家美术学院的一名成员曾称其中的一幅作品为“讨厌的绿色东西”。康斯太勃尔违反禁令调低颜色的色调，据称是为了与自然的对比相称；但他违反得还不够彻底，因而今天看起来不算“现代”。）

至少，这些昏暗的材料相对便宜。对于占领着凡·戴克画布的大部分红赭石和土色，也可以这么说。然而，巴洛克时期的颜料制造商们发现了如何以自己的方式制造这些天然色料，从而能够控制它们的色相。从炼金术士们的含铁金属中诞生了马尔斯色料，即合成氧化铁，

颜色从黄色、红色到棕色都有，甚至还有一种巧克力紫（“马尔斯紫”）。

这种创新是如何产生的，这一点还不清楚。反应过程，即铁在空气中的氧化，相当简单；我们知道，中世纪的炼金术士有过这种操作，并称赭色的产物为crocus martis，这是“马尔斯黄”的拉丁语字面直译。然而，似乎没有人提到这种人造物质被用作艺术家的色料，直到泰奥多尔·德·梅耶内爵士——来自休格诺的避难者和查理一世的宫廷医生，在17世纪早期的一份文件中提供了一个配方。德·梅耶内也把它称为crocus martis，甚至是“番红花”，但他清楚地表明，得出的产物是红色的。事实上，德·梅耶内引用了不少于三种配方，它们都只是制造氧化物的不同方法：通过加热铁屑，或将其溶解在王水（盐酸和硝酸的混合物）中并焙烧所得的铁盐，或直接加热硫酸铁（“铁矾”）。

制造马尔斯红的后续方法允许根据要求来定制产物的颜色。然而，在18世纪，当硫酸成为重要的商品，特别是作为纺织工业的漂白剂时，生产马尔斯化合物的真正动力才出现了。氧化铁是制造过程的副产品，因此便与之前和之后的其他许多合成色料一样，通过乘化学工业蓬勃发展带来更多关注之便，在经济上具有了可行性。

鲜明的、带有橙色的朱砂色调已经不再有很大需求，现在主要作为红色色淀透明色层的不透明底色。伦勃朗很少使用朱砂，而是用红赭石来锚定红色色淀。17世纪的艺术家们，已经普遍通过混合多种不同的色淀来调节红色——色淀颜料的范围由于对新世界的殖民得到了扩大。从中美洲得到一种新的胭脂，还有丰富的巴西木及其相关物种苏木和采木。新世界的胭脂大受欢迎：到19世纪，它和茜草红成为红色色淀中极为出色的染料。另一方面，新的木基染料有了不耐久的名声，甚至比旧世界的巴西红更差。1553年，作家威廉·乔姆利称巴西红为“骗人的”，一种“假颜色”。

但是，诱人的新色彩不仅仅是从西方的地平线获得的。在这个时代，欧洲人开始在各个方向跨越地球。

帝国的毒药

1589年，理查德·哈克卢特作为一名英国探险家，预示了伊丽莎白治下的国家刚刚萌芽的殖民傲慢。他说，英国人“在搜索世界另一

面最远端的角落和地区……他们比地球上所有的国家和人民都更优秀”。东印度公司诞生于新世纪的黎明，英国人和荷兰人很快就争先恐后地把东方的财富带到西方。在这种香料、丝绸和其他外来物贸易中，有两种明亮而神秘的黄色色料。

无法确切地知道是从什么时候，荷兰贸易商开始引入被称为印度黄的神秘金色材料。这种材料出现在17世纪的一些荷兰画作中，但似乎直到18世纪晚期才在欧洲得到广泛使用。

这种色料在印度自15世纪以来就被称为purree、puri或peori，其源头似乎可以追溯到波斯。但是，这些以坚硬的、色彩肮脏、气味难闻的球形在售卖的东西，究竟是什么？有许多猜测，其中大部分耸人听闻。在19世纪，法国颜料商J.-F.-L.梅里美指出它有尿的气味，但不愿意接受前人提出的一个看法，即该物质真的有可能含有尿这种成分。英国的乔治·菲尔德没有那么谨慎，认为它是由骆驼的尿液制成的；155其他人认为这种流体来自蛇。

直到1883年，这些谣言才得到纠正。印度的T. N. 穆哈尔吉在加尔各答探寻这些黄色球的起源，经人指引去了比哈尔省东北部蒙吉尔市郊区的米尔扎普尔村。在这里，他发现某些牛主人，即“送奶工”，从奶牛的尿中创造了这种东西，这些牛完全用杧果叶喂食。加热时，黄色固体从液体中沉淀。压成块状并干燥后，它们被运到加尔各答和帕特纳出售。看起来，这种色料从印度到欧洲的全部产出都来自该村庄。

由于担心会降低着色剂的产量，杧果喂养的奶牛没有其他营养来源，健康状况都很差——蒙吉尔的正规奶农厌恶这一点，称送奶工为“奶牛毁灭者”。色料来源的发现加速了其消亡：送奶工的做法被指为不人道，于是通过了法律来加以禁止。到1890年，孟加拉禁止虐待动物的立法已经变得相当严格，印度黄的制造不再合法，到1908年它便近乎绝迹了。

然而，尿液只是该色料的偶然组分。这种着色剂其实是由杧果释放的有机酸的钙盐或镁盐。那些球一开始外观平平，其研磨成的色料却相当惹人喜爱，显出深色的金黄。就性质来说，它更适合用作水彩色料而不是油画色料。

几乎与印度黄同时引入欧洲的，是另一种有机黄色色料，叫作“藤黄”（gamboge）。显然，藤黄这个名字来自Camboja——柬埔寨的旧式词形，它由英国东印度公司从1615年前后开始进口。藤黄已经在远东的绘画作品中被确认，这些作品可追溯到8世纪。这些坚硬

的、类似矿物的原料是东南亚原生的藤黄属（Garcinia）乔木的固化树脂。胶是从树皮的切口中提取的，一旦硬化，就可以研磨成亮黄色的粉末。但是和许多有机着色剂一样，它在明亮的光线下会迅速褪色。

同样地，藤黄作为水彩色料表现最好，但它确实出现在一些油画作品中——特别是在早期佛兰德斯画家的作品中，这些画家占着地利，极大地受惠于荷兰在印度的贸易。伦勃朗使用藤黄，也许是被它在油料中获得的金色色相吸引。藤黄也是被称为“胡克绿”的18世纪水彩的一种成分，在这种水彩中它与普鲁士蓝或靛蓝混合。在藤黄令人好奇的特征中，有一种是关于其运用的：法国物理学家让·佩兰在1908年使用其精细的、舞动着的颗粒显示布朗运动，提供了原子存在的证据。藤黄进口到西方毫无疑问受到一个事实的推动：药材商也把它作为一种药物来销售。

另一种在17世纪北欧绘画中常见的有机黄色，能让我们进一步看出色彩术语的多变倾向。“粉红”这种色料来源广泛——多种配方将其确认为黄木犀草、金雀花或未成熟的鼠李浆果的提取物——但通常具有无可争议的黄色色相。粉红实际上既不是根据成分也不是根据颜色来定义的，因为还有绿色粉红、棕色粉红和玫瑰色粉红。看起来，这个名词像“色淀”一样，指的是合成方法。粉红由无机粉末上承载的有机着色剂组成。它与色淀的区别是微妙的、技术上的，证明了17世纪颜料制作者对生产过程的化学原理的注意。色淀是通过化学反应产生的，因为水合氧化铝是在有染料存在的情况下从溶液中沉淀出来的。另一方面，粉红是由纯物理过程产生的，在此过程中染料附着（媒染）于一种惰性白色基底，通常是白垩、明矾或烘烤和研磨过的蛋壳。因此，它们是一种伪色淀，与真正色淀的不同之处在于，在制作过程中不使用碱。

粉红的配方由爱德华·诺加特在17世纪列出，黄色粉红在整个17世纪和随后一个世纪都很受欢迎，特别是与蓝色混合制成“绿色粉红”时。从巴西木制备的玫瑰色粉红，被认为不同于从相同的着色剂得出的色淀颜料。到18世纪末期，黄色粉红已被弃用；“棕色粉红”直到18世纪仍然在流通，但“粉红”已逐渐变成亮红色的“玫瑰色粉红”的同义词——直到最后，其内涵从制造方式变成了一种颜色。

进入风景

尽管新色料表面上看相当丰富，艺术家们仍然在16世纪至18世纪继续强烈地感受到贫乏。在这段时间内，用材料进行实验的倾向加强了，表明画家们绝没有满足于他们能够自由运用的那些材料。

例如，随着风景画变得风行，绿色的配方大量涌现。在16世纪初，德国艺术家阿尔布雷希特·阿尔特多费尔是西方首批绘制纯风景画的人之一，虽然达·芬奇早已宣扬过它们的引人之处：“若非世界的自然之美，什么能让你，人，放弃城里的家，离开亲戚和朋友，翻山涉谷前往乡野之地？……”[106]不离开家门，画家难道就不能提供这种经验吗？他难道不能把你放在风景中，“在那里，你在某个春日怡然自得，［在那里］你可以把自己看成一个情人，和你的爱人在一起，在鲜花盛开的草地上，在绿意盎然的温柔树荫下”？[107]

一些艺术史学家在这样的表述中看出对一个遗失的世外桃源的向往，这种向往使得风景画对日益身陷城市商业的人们来说充满诱惑。其他人指出，风景画不是对自然的描述，而是对自然的阐释。克里斯托弗·伍德认为，风景画给了艺术家新的空间，让他把自己的权威以独特的宏大规模印在作品上。他说：“风景画是体现强烈着色效果的适宜之处。”[108]颇有影响力的17世纪法国作家罗歇·德·皮勒清楚地感觉到，画家们重新创造了风景来适应自己的视野——其程度是如此之深，以至于这种“想象的现实”影响了艺术家对自然的感受：“他们眼里看到的自然中的物体，带上了绘画时惯用的颜色。”[109-0]

如果真是这样，那个时代的艺术家们可以自由使用的各种绿色所负的责任可就大了。根据一些人的说法，这些绿色相当令人不满。在17世纪70年代，荷兰画家塞缪尔·范·霍赫斯特拉滕哀叹道：“我希望我们有一种绿色色料，能像红色或黄色色料一样好。绿土太弱，西班牙绿［铜绿］太粗糙，淡灰［碳酸铜绿］不够耐久。”[109]西班牙艺术家迭戈·委拉斯开兹（1599—1660）似乎也赞同这些抱怨：他一生中从未使用过纯粹的绿色色料，总是用蓝铜矿与黄赭石或铅锡黄混色。

关于如何为不同的用途而混合绿色，画家手册中经常说得相当具体。亨利·皮查姆的《资深绅士》（The Compleat Gentleman，1622）提出以下建议：

> 要想制成深绿和暗绿，像树最靠里面的叶子那样的，混合靛蓝和粉红吧。要想制成淡绿，混合粉红和铅黄［这里指铅锡黄］；要想制成中绿和草绿，混合铜绿和粉红。[110]

在《绘画和透视易行法》（The Practice of Painting and PerspectiveMade Easy，1756）（从这里开始能够看出，这些书是给

哪种读者看的）中，托马斯·巴德韦尔建议，用于风景画的绿色由浅黄赭石、绿土、棕色粉红、普鲁士蓝、雌黄和白色组成。在18世纪，雌黄的使用经历了某种复兴，在与新普鲁士蓝混合成绿色时很受欢迎。在扬·凡·海瑟姆的《花瓶中的蜀葵及其他花卉》（Hollyhocks and Other Flowers in a Vase，1702—1720）中，绿色中包含靛蓝；到1736年画《陶土花瓶里的花》（Flowers in a Terracotta Vase）时，他已经用普鲁士蓝代替了靛蓝。有时会运用罩色而不是混色的方法：1795年的一份手册描述了通过用棕色粉红为蓝色罩色获得的一种“极为生动而美丽的绿色”。

伟大的法国风景艺术家克劳德·洛兰和尼古拉·普桑，使用复杂的混合物来获得富于变化的绿色。有人推荐过一种配制方式，用料包括绿土、蓝色（如群青）、黄色（色淀或赭石），也许还有铅白和黑色。这样的组合没有谱系渊源，通常不可靠，随着时间的流逝会表现出不可预测的变化。新的黄色的涌入加剧了17世纪和18世纪艺术家所面临的危险：其中许多都没有早期的铅锡黄和那不勒斯黄稳定，所以这些时期的画作往往比年代更远的作品变色更甚（特别是混合而成的绿色）。现在看来，这些艺术家刻意去表现“绿意盎然的温柔树荫”，就有些煞有介事了。

北极光

17世纪佛兰德斯、荷兰和德国那些伟大的艺术家们，可能比文艺复兴时期的同行们更容易获得材料。荷兰已经成为色料制造的主要中心：铅白、大青、铅锡黄和朱砂从荷兰的工厂源源不断地运出来，让出售它们的药商和杂货商的店铺光彩照人。安特卫普之于北欧，正如威尼斯之于意大利。

但是，传统的上等蓝色，即蓝铜矿和群青，越来越难以获取：从16世纪初开始，主要矿物资源或者消耗殆尽，或者由于战事而无从获取。有一位北方画家坚持用群青作画，此人即扬·维米尔（1632—1675），其特有的黄色、蓝色和珍珠白色的调色板，在他著名的画作《倒牛奶的女佣》（The Milkmaid，约1658）中以最令人惊叹的方式显示出来。这些大胆的、以巧妙方式和谐搭配的蓝色似乎来自另一个时代，只是不知这个时代应该置于更古老还是更现代的时期。然而，群青售价高昂，在1626年是45个金币一盎司。查理一世作为礼物赠送给凡·戴克和英国画家安妮·卡莱尔的价值500英镑的群青，即使按王室的标准衡量，也称得上慷慨。

彼得·保罗·鲁本斯（1577—1640）那闪闪发光、宛如宝石的色彩，使他成为提香在巴洛克时期的继承人。鲁本斯似乎不愿从画布中去掉任何色相，所以他面临的难题是找到方法，把强烈的原色和谐地安排好。他在组织色彩方面可能不如提香那么成功——他的一些作品，如《和平祝福的寓言》（Allegory on the Blessings of Peace，约1630），近于花哨，这种缺陷又因为选择了表现肉体的主题而被放大，从现代的眼光来看有些滑稽可笑了。但是，绘制这些作品时的快乐并没有被夺走，从笔触中注入的是令人振奋的力量。

鲁本斯出生于德国，血统却来自佛兰德斯：他的父亲在宗教改革的骚乱发生后逃离安特卫普。但是，父亲去世后，一家人又回到了故乡，正是在安特卫普及其周边地区，鲁本斯度过了学徒生涯。色彩的磁力不可避免地把他带往南方：1600年，23岁的他出发前往意大利。在那里，作为曼图亚公爵的宫廷画家，他四处游历。第一次有机会参观威尼斯时，他兴致勃勃地研究和临摹了提香的作品。鲁本斯为第二任妻子所绘的亲密画像《扮为维纳斯的海伦娜·富尔芒》（HelenaFourment as Venus，约1636—1638），灵感很明显来自提香的《戴毛披肩的女孩》（Girl in a Fur Wrap，1535—1537）。

鲁本斯两个版本的《帕里斯的裁判》（The Judgement of Paris，约1600和1635—1637）在原色的使用上都显示出威尼斯画派的影响：天光和衣纹上的亮黄色，天空中强烈的蓝色，肉色和衣服中鲜艳的红色。这些颜色被带入场景时巧妙调制的方式，正是典型的（晚期）提香式的。鲁本斯通过将色料应用到白色底子上，而不是使用当时典型的柔和红棕色或灰色，得到了他鲜明的纯色。这一点最明显地表现在《参孙和大利拉》（Samson and Delilah，约1609）中（彩图6.4），在这幅画中原始的颜色充满了画布。[111]大利拉的红色礼服使场景的性意味过于强烈，它用的是几乎未加掺杂的绯红色淀，用几笔朱砂亮化，并用铅白画出高光。

仆人的蓝色短上衣与蜡烛火焰和大利拉头发的金色光辉形成对比，上衣中不含蓝色色料，却是由铅白、黑色和红色色淀画成的。背景中的紫色帷幕也是如此。用黑色代表蓝色并不罕见；绿色偶尔是通过调和黄色和黑色制成的。这种对蓝色的模糊态度让人回想起希腊画家的四色调色板。提香也在他的《男子肖像》（约1512）（彩图5.8）中使用了这个花招，并为伦勃朗的《自画像》（Self-Portrait，1640）提供了灵感。凡·戴克明显地从他的导师那里学到了这一点，因为在他161的《女人和孩子肖像》（Portrait of a Woman and Child，约1620—1621）中，小女孩衣服那醒目的紫色是用红色色淀、木炭和白色调制的。

凡·戴克的《慈善》（Charity，约1627—1628）（彩图6.5）生动地说明了他和其他17世纪荷兰画家们如何努力使颜色受到控制。这幅画很显然受到提香的影响，乍看之下似乎与提香一样在颜色使用上充满热情。虽然凡·戴克《慈善》中的滚滚衣纹有群青可用，他还是选择为天空使用偏灰的大青，甚至在一些地方用了朴实的混合灰色。即使是群青的褶裥也以暗色靛蓝为底色，缓和了其过度的表现。红色衣纹由涂在朱砂和土质色料上的色淀色料构成。色淀随着时间流逝而部分褪色，很难判断凡·戴克想要实现什么效果；但仔细分析颜料的成分，以及在某些地方出现的一种棕色的卡塞尔土透明色层，就能清楚地看出，他没有追求我们预计提香会用的浓郁的紫红。

伦勃朗·凡·莱因（1606—1669）的绘画给人一种暗沉的锈棕色的强烈印象，让我们相信艺术家身上具有某种诚意和诚实，现在又提醒着我们他那毁灭性的、贫困的结局。17世纪50年代，伦勃朗只使用了六种左右的色料，主要是沉闷的泥土色调。他是一个“打破”颜色的大师——用复杂的色料混合物打破色域。一位当代评论家称赞伦勃朗使用这些混合物“来和谐地描绘大自然那真实而生动的活力”，继而谴责那些反差明显的人，后者“大胆设定生硬的原始颜色、相互之间牢牢连接，因此与自然没有关联”。显然，我们已经从阿尔贝蒂那里走了很长的路，阿尔贝蒂若看到如此摧残色料且无视颜色“与自然的关系”，想必会惊恐不安。

也许令人惊讶的是，伦勃朗也是提香的热情崇拜者。更显而易见的是他受惠于卡拉瓦乔，后者强烈的明暗对照是乌得勒支画派的荷兰画家在17世纪初的一个突出特点。伦勃朗在青年时期采用了这种风162格，从此以后将其作为在作品中创造情绪和表现心理的主要工具。他后期画作中那阴沉得近乎绝望的色调虽然绘制于遭遇重大经济困难的时期，但在他快乐时光的那些作品中肯定也有充足的先例。

伦勃朗那克制的调色板中不包括17世纪可用的几种最明亮的色料。他的黑色（炭黑和骨黑）和棕色（包括科隆土，这是后来的叫法）由大多数土质色料加以补充，包括赭石、黄土和棕土。他的红色色淀主要是茜草红和胭脂。对于蓝色的使用，他也很克制：主要是用大青，有时也用蓝铜矿［例如在《穿阿卡迪亚服装的萨斯基亚》（Saskia in Arcadian Costume，1635）中］。他的主要黄色是铅锡黄，这种色料从来不是颜色中最明亮的。伦勃朗使用白垩作为填充剂，使透明色层变得半透明（在油料中几乎是透明的），并使介质具有稠度。他的厚涂颜料名声不佳，这一点从阿诺德·豪布拉肯在1718年的评价中可以明显看出：他说伦勃朗的一幅肖像画，颜色“上得如此之重，可以提着鼻子把它带离地板了”。

但这种有限的调色板也有优势，因为它主要由可靠、稳定的颜色组成，这些颜色不易老化。这不仅仅是由于好运：伦勃朗知道哪些材料耐久性好，以及如何安全地结合它们。这同样也不是出于运气，因为他的混合物达到近乎滑稽的复杂程度。在伦勃朗那暗沉的阴影中，隐约可见具有真正巴洛克式比例的调和物。在《扮圣保罗的长者》（An Elderly Man as St Paul，约1659）中，依稀可见的书封那温暖的深棕色不仅仅是棕土，而且是由色淀、红土和黄土以及骨黑的半透明色层组成的。在《雅各布·特里普肖像》（Portrait of Jacob Trip，约1661）中，暗沉的橙棕色是由红色和黄色色淀与大青混合成的。而对于《玛格丽莎·德·吉尔肖像》（Portrait of Margaretha de Geer，约1661）来说，左边背景中附带出现的暗灰绿色墙壁，大量使用了一种难以置信的巧妙着色方式。较亮的部分是由暗棕色底色构成的，该底色由红土、橙土和黄土与骨黑和一点铅白混合，再用大青、红赭石，可能还有一种黄色色淀的混合物罩色。对于更深的阴影，是用加了红色色淀和红赭石的骨黑罩色。然而，这面墙几乎无法与黑色阴影区分开来！

人们不禁想知道，这些精巧的混合物是系统地混合成的，还是说伦勃朗不过是利用了抹在他调色板上的随便什么残余物。无论如何，它们让人想到，莫奈甚至决心用强烈的纯色来混合成最昏暗的阴影。结果是，伦勃朗的颜色往往几乎是难以形容的——超越了三次色，超越了语言。在《亨德里克耶·施托费尔斯肖像》（Portrait of Hendrickje Stoffels，约1654—1656）（彩图6.6）中，亨德里克耶（这个女人在伦勃朗心爱的萨斯基亚去世后实际上成为他的妻子）的衣服是什么颜色？有些人可能会说是淡淡的丁香紫。然而，再一次，这里没有蓝色——即使有蓝紫色调，也是来自铅白和炭黑混合物的微蓝色与少许红色色淀混合。

与他去世前六年画的《手持支腕杖、调色板和画笔的自画像》（Self-portrait with Maulstick, Palette and Brushes，约1663）相比，我们还能发现伦勃朗的颜色在其他地方有更好的表达吗？传统上，关注的重点是艺术家那饱经忧患的面庞的表现力，但是被一只手臂环抱着的调色板上有什么东西？那不过是一片不加修饰的红棕色，勾勒得如此松散，以至于深色的外套在下面仍然可见。而且人们几乎可以相信，不需要比此（巧妙地这里变亮些、那里变暗些）更多的颜色，来传达这幅肖像所显示的所有内省、坦率和庄重。

第七章 多彩的金属——合成色料与颜色化学的黎明

化学是这样一门艺术……就各种艺术意图来说，化学能产生比任何天然产物更为适用的多种人造物质。

——威廉·卡伦，化学家（约1766）

这是怎样一片土地，怎样的黄金国度，怎样的伊甸园之火，带着这狂野的光辉，这些由乳白色的云彩折射的光的海洋，带着火红色的斑点、有着蓝紫色的条纹，就像蛋白石那宝贵的深浓色？

——约里斯·卡尔·于斯曼，《透纳和戈雅》（1889）

化学领域再也不会有一个五十年，像18世纪70年代开始时那样，一切都可以争取，大家都有份。一开始，几乎没有任何真正的元素是已知的，学者们仍然以博学的语气谈论着燃素，即物质燃烧时应该会释放的那种难以捉摸的物质。然而，一切都处在革命的边缘。（不止一场革命，因为有那么多的剧情在法国上演。）到1820年，化学家们所讲的语言已经与现在的化学家大致相同，化学已经成为一项职业——可能还是收益可观的职业。元素列表正在迅速扩张，其程度在一个世纪前是难以想象的。在安托万·拉瓦锡开创性的《化学纲要》（Traité élémentaire de chimie）中，这位法国化学家列出了33种元素；在1790年至1848年之间，这个列表中又增加了29种。

并非巧合的是，这一时期见证了为艺术家生产的新色料的激增。经过创新乏力的几个世纪之后，画家们突然受宠若惊，发现自己可以任意挑选了——同时也日益需要一个标准，来评估新兴的颜料制造业兜售的大量产品。这一新形势能让人明辨是非：是固守传统的经过测试和检测的材料，还是用新材料来进行试验？不出所料，那些选择后一条路径的人往往也是艺术风格的创新者，最终它将成为画布上的真正颜色，将保守派与激进派区别开来。

积木

当总共只有四种元素时，化学家们的工作也没有简单多少，但的确没有那么多彩。元素周期表中有92种天然元素显示着它们的怪癖和习性的多样程度，与这种丰富性不同，古典时代亚里士多德以土、气、火和水作为所有造物的原始成分，看起来确实有些单调。

元素构成了化学的演员表，而试图超越原子层面来解析物质，此种努力永远不会像识别这一卓越的元素群体那么有吸引力。因为质子和电子没有色相，没有人通过混合夸克或胶子来制作颜料，物理学家赋予它们的“颜色”不过是出于想象而已。正是通过操纵元素——改变它们的比例、它们的联合、它们的电荷——化学家们才能进行研究；颜料制作者也是以这种方式工作的。

在《怀疑的化学家》中，罗伯特·波义耳挑战了亚里士多德的元素体系，提出可能有四种甚至五种以上元素。它们是什么？波义耳没有说，这或许是出于明智。但他怀疑，土、气、火和水是否不可化约，是否对所有物质来说都是最根本的成分。他说：

> 因为，从某些物体中，无法提取出四种元素；如黄金，目前为止甚至无法从中提取出这几种元素中的任何一种。可以说，类似情况还包括银、煅烧的滑石和其他许多不易挥发的物体，要把它们还原成四种异质物质，从迄今为止的情况来看，对于伍尔坎[112]［即火］来说还是太难了。[113]

这很容易让人认为波义耳的说法颇为新颖。在某种程度上，自从康纳德·格斯纳在1586年表明，亚里士多德的四元素说只是古代提出的元素体系之一以来，它就一直受到挑战。但是波义耳的贡献在于，通过指出需要直接分析物体在化学转化过程中分解成的物质，他使争论超越了是否应该忽略火或添加硫和盐的问题（请帕拉塞尔苏斯原谅）：“最可靠的方法，是通过特定实验来了解特定物体是由什么样的异质部分组成的，以及通过什么方式，不论是实际的还是潜在的火，它们可以最好和最方便地分离……”[114]以这种方式，他定义了随后至少一个世纪的时间内化学家的主要任务。然而直到一百年后，亚里士多德的两种“元素”——气和水的基本成分才开始显现。

波义耳的助理罗伯特·胡克已经找到了线索，他观察到，空气含有一种惰性成分，是物质在密封容器中燃烧后留下的。但直到1774年，英国科学家兼长老会牧师约瑟夫·普里斯特利才第一次明确识别出空气中的“活性”成分，它后来被拉瓦锡称为“氧”（oxygène）。对普里斯

特利来说，它本身不是一种元素，而是空气被夺走了燃素所留下的东西。通过使氧气成为被燃烧的物质吸收的一种元素，拉瓦锡为化学指明了正确的方向，于是其余的一切都开始就位。氧与氢（由酸作用于某些金属得出）的结合产生出水——这一观察由亨利·卡文迪许于1781年得出，并由拉瓦锡在接下来的两年中确认（也可以说是盗取）。

阿道夫·武尔茨在1869年写道："化学是一门法国科学，由拉瓦锡奠定了不朽的声名。"[115]但是，拉瓦锡可能也在其中加入了相当的诡诈。面对着可以预见的反对意见（特别是来自英国国内的），拉瓦锡通过对整个元素体系重新命名并加以修改，巩固了他关于燃烧的氧气理论。他与法国化学家贝尔纳·居顿·德·莫沃、克劳德——路易·贝托莱和安托万·弗朗索瓦·富克鲁瓦合著的《化学命名法》（Méthode de nomenclature chimique，1787），赋予化学一种新的词汇并对元素系统列表，其中包括18种金属（其中的一些，如钙和镁，仍然伪装成化合物，因为它们过于活泼，不容易与氧分离）。[116]

这四位法国化学家创立了杂志《化学纪事》（Annales de chimie）来宣传他们的体系。他们是一个好奇的团体。老于世故的拉瓦锡太咄咄逼人了，带着出身优越的人惯有的傲慢。他敏于居功，且不甘承认他人的发现。这种布尔乔亚背景和傲慢姿态的结合，使得拉瓦锡由于身为征税官的活动，在法国大革命后被罗伯斯庇尔的特工逮捕时，格外地在劫难逃。富克鲁瓦恳求罗伯斯庇尔的宽恕，但没有效果。拉瓦锡于1794年被处决。

富克鲁瓦出生时，其贵族家庭正陷入困难时期；他是大革命的支持者，通过在法兰西科学院教授火药制造课程为兄弟会效力。他绝对算不上是聪明的科学家，其小有成就要归功于勤奋。贝托莱和居顿·德·莫沃都生于富有之家，虽然后者在大革命期间悄悄地拿掉了自己的贵族前缀：他成为第戎学院的化学讲师，在那里，他在拿破仑的统治下恢复了高贵的身份。正是在这里，当18世纪即将结束时，居顿·德·莫沃发现自己不知不觉中正在从事颜料工业的研究。

无铅的白色

艺术家们长期习惯于使用有害物质，因为变化无常的性质已经使这些物质成为着色最为强烈的那一类。铅绝不是最糟糕的冒犯者，没有迹象表明，过去的艺术家在健康方面受到红丹、铅黄或白铅的影

响。然而，随着工业革命扩大了制造规模，形成了在所有工作日暴露于这种有毒物质的长期劳动力，无法忽视的事实是，白铅是一种有害材料。甚至还在17世纪的时候，菲利贝托·韦尔纳蒂就在伦敦英国皇家学会的会刊（Transactions）上，描述了白铅制造工人遭受的可怕伤害：

> 工人发生的意外是，胃中即刻疼痛，肠道绞痛，便秘，无法通便……接下来是头部的眩晕或头晕，额头持续剧痛，失明，变傻和感情麻痹。[117]

铅白（现在更常用的名称）被大量生产，因为它是广泛使用的唯一的白色色料，并且不仅用作艺术家的材料，还用作室内涂料，从而对房屋的住户也产生危险。到18世纪末，法国公共卫生当局开始严肃关注这项风险，并要求用其他白色来代替。

18世纪80年代，法国政府找到居顿·德·莫沃，要他寻找一种新的、更安全的白色色料。1782年，他报告称最好的备选材料是氧化锌，通称为锌白，由第戎学院一个名叫库尔图瓦的实验室演示员合成。[118]锌白不仅无毒，而且在遇到含硫气体时不会像铅白那样变暗——后者会由碳酸铅转化为黑色硫化铅。

锌位于拉瓦锡的元素列表中：其身份由德国化学家安德烈亚斯·马格拉夫于1746年确定。[119]这种白色氧化物为希腊人所熟知，因为它是黄铜制造过程的副产品。当锌矿石与铜金属一起加热时，氧化锌形成白色蒸气，在蓬松的沉积物中冷凝。可能由于这个原因，它在中世纪时被称为lana philosophica，意即哲人的羊毛，也被称为“锌之花”。这种氧化物是温和的防腐剂，并能防止炎症；公元前4世纪至前3世纪，它被希波克拉底推荐作为药物。

锌白有很多优点，但也有一些关键的缺点。首先是成本——库尔图瓦合成的这种产物比铅白贵四倍。为了获取更好的材料，艺术家们肯定愿意花费更多，但在19世纪初的时候，锌白看起来完全没有优势。它的覆盖力并不出色，更糟糕的是，它作为油画色料干得很慢。由于这个原因，它的第一项商业应用是作为水彩色料，即中国白，由英国颜料制造商温莎＆牛顿公司于1834年推出。

库尔图瓦加入了硫酸锌作为干燥剂（催干剂），试图缩短干燥时间。但问题仍然存在，尽管关于铅白和锌白哪种色料更好存在着激烈争论（富克鲁瓦和贝托莱都参与其中），锌白最初激发的希望开始黯淡下来。

法国颜料制造商E. C. 勒克莱尔的艰苦努力拯救了它。19世纪30年代末，他和一位名叫巴吕埃尔的化学家发现了更好的催干剂；1845年，勒克莱尔开始在巴黎附近的一座工厂内生产氧化锌。其他法国企业家也勇敢地加入这项冒险事业；到1849年，锌白的地位被认为已经足够稳固，于是法国公共工程部长发布了一项法令，警告不要使用铅白。到1909年，法国所有建筑物的油漆作业中都禁用铅白。锌白的大量生产导致其成本下降；到1876年，它的市面价格已经与廉价的铅白持平。

19世纪中叶欧洲所有的锌白制造商，都是通过在所谓的“间接”过程或法国过程中对精炼的锌金属进行氧化来制造锌白的。19世纪50年代，一种新的方法被引入美国。有一个说法，有着所有虚构故事的特征（但就是让人愿意相信），说锌白是由一个名叫伯罗斯的工人，在新泽西州纽瓦克附近的帕塞伊克化学公司偶然发现的。帕塞伊克公司本身没有与锌相关的业务，但相邻的一家工厂精炼这种金属。一天晚上执行消防任务时，伯罗斯发现公司一座炉子的烟道漏了。他用一块旧炉栅盖住了泄漏处，又另外在顶部堆上了一些锌矿和煤，它们属于隔壁公司，恰好就放在附近。不久，他注意到从堆积物里冒出氧化锌的白烟。伯罗斯是个机敏的人，后来向一家名叫韦瑟里尔＆琼斯的锌制品公司的人说起了这件事，该公司于是在19世纪50年代和60年代把这个过程开发成一种制造方法。这种“直接”过程或者说美国过程使用锌矿本身（闪锌矿）作为原料。[120]

锌白在商业方面极为重要，艺术家对用它作画却颇为踌躇。许多世纪以来，他们使用铅白已经相当顺手，其毒性并没有构成很大的威胁——为什么要转用新的、未经测试的材料呢？此外，与铅白相比，锌白的色调冷而缺乏层次，不合一些人的品味。因此，铅白在整个19世纪仍是美术家首选的白色。即使是水彩画家也迟迟没有采用锌白——1888年，英国46位受访的水彩画家中，只有12位声称使用过中国白。尽管如此，在19世纪的艺术中是不难发现锌白的，部分原因是一些颜料制造商倾向于将其作为增亮剂添加到产品中。它在塞尚的作品中被发现，梵高也特别喜欢它。19世纪50年代，前拉斐尔派的画家们使用它作为强烈颜色的底子。

在寻找一种新的无毒的白色时，居顿·德·莫沃没有局限于锌白。在备选对象中，他尝试的是矿物重晶石，即硫酸钡。该矿物在16世纪由阿格里科拉描述，但没有迹象表明它被视为白色色料。除了清洗和研磨之外，它不需要做其他制备工作，于是迅速地被纳入艺术家的调色板中，如英国人在19世纪30年代所称的，作为“永固白”或“矿物白”。然而，重晶石的优质矿藏相当罕见，并且在19世纪初，硫酸钡

是作为一种被称为blanc fix的颜料，以合成方式制造的。

永固白被纳入了鲍尔斯《水彩绘画艺术》（Art of Painting in Water-Colours，1783）的颜料列表中，该书在居顿·德·莫沃的研究之后仅一年就出版。它在油料中相当透明，最适合作为水彩。但是，硫酸钡通常与其他白色色料混合成为填充剂，也用作色淀色料的基料（base）。由于相对廉价，它成为一种重要的工业涂料，在第一次世界大战中用作飞机伪装色，并从20世纪第一个十年起作为美国海军“战舰灰”的组成部分。

锌的冶炼是19世纪初的一个主要工业过程，锌白并不是艺术家唯一的附带收获。1817年，德国人弗雷德里希·施特罗迈尔观察到，位于萨尔茨吉特的锌工厂的副产品之一是黄色氧化物。他随后对这种材料所做的分析揭示了一种新的金属，其化学性质与锌高度类似。锌矿传统上被称为异极矿（calamine）或菱锌矿（cadmia），新元素与锌的结合使其得名“镉”（cadmium）。

在研究镉的化学成分时，施特罗迈尔制备了这种元素鲜艳的黄色硫化物（他称其为“sulphuret”）。施特罗迈尔在1819年的评论，最充分地表明了当时的化学家如何逐渐认识到色料制造的重要性：

> 这种硫化物，从它的美观及其颜色的恒定，以及它与其他颜色，特别是与蓝色易于结合这种属性来看，有望在绘画中派上用场。用这种观点进行的一些尝试给出了最有利的结果。[121]

施特罗迈尔发现，改变合成条件可以转而产生一种橙色材料——色相取决于色料颗粒的大小。镉黄和镉橙都是不俗的色料：浓郁、不透明，日晒不会褪色。

但在19世纪40年代之前，锌熔炼所能供应的镉黄量还不够多，无法产生大的影响。有证据表明，镉黄从1829年前后起在法国和德国用于油画中，但在1835年，它在任何一家英国颜料制造商的产品清单中都还不是主角。到1851年，温莎＆牛顿公司已经在生产镉黄。然而，即使在19世纪70年代，英国颜色化学家乔治·菲尔德仍然声称，“用来制备镉的金属迄今为止仍然稀少，它仍然很少用作色料”。镉的高昂成本转移到了色料上，并且那时已经有了更为便宜且同样鲜明的替代品。

然而，镉黄也有支持者，其中最突出的是克劳德·莫奈，他至少从1721873年开始广泛使用镉黄。也许正是莫奈的倡导，鼓励爱德华·马奈和贝尔特·摩里索在19世纪70年代后期使用这种颜色。

致命的绿色

钡的名称来自希腊语的barys，即“重”，因为它是一种密集、沉重的金属。钡在1774年被确认为一种元素，发现者是18世纪最有造诣的元素探寻者之一——瑞典的药剂师卡尔·威尔海姆·舍勒。在同样的研究中，舍勒离析出了氯——虽然他以那个时代令人费解的方式把它解释为“缺乏燃素的海洋酸”。（1786年于44岁去世之前，他一直公开自称为燃素学家。）舍勒早于普里斯特利离析出了氧气，称之为“火气”（fire-air）。1770年他从酸与铁或锌的反应中收集到氢，认为它本身可能就是纯粹的燃素。

舍勒关于海盐等氯化合物的实验，使他在1770年前后发现了一种新的黄色色料——氯氧化铅。1781年，一个名叫詹姆斯·特纳的化学品制造商试图为这种颜色申请一项英国专利；随后，他与对手制造商的战斗在英国专利法中创造了一个重要的先例。特纳的努力显然留下了印记：这种色料在市面上作为“特纳的专利黄”，或仅仅是专利黄销售——虽然没有对当时的艺术产生多少影响。

在1775年研究砷的化学性质的过程中，舍勒制备了绿色复合物亚砷酸铜。他立刻意识到这种复合物有可能成为艺术家的色料，并很快以“舍勒绿”之名加以制造。然而，这种颜色并不很出色，略带一点肮脏的色调。J. M. W. 透纳于1805年前后在油画速写《韦河河畔173的吉尔福德》（Guildford from the Banks of the Wey）中使用了它，它也出现在爱德华·马奈的《杜伊勒里花园音乐会》（Music in the Tuileries Gardens，1862）里的人群中；但很少见到它在其他地方被使用的证据。

如果没有被一种更优质的相关化合物取代，这种新的绿色最终可能会受到艺术家更多的青睐。1814年，施韦因富特的德国颜料制造商威廉·扎特勒与药剂师弗雷德里希·鲁斯合作，偶然发现了乙酰亚砷酸铜，其鲜明的绿色晶体是通过溶解在醋中的铜绿与砒霜和碳酸钠反应而制成的。[122]在法国它不仅被称为“施韦因富特绿”（vert de Schweinfurt），同时也由于把产地认作其他地方而得名“维埃纳绿”（vert de Vienne）、“不伦瑞克绿”（vert de Brunswick）——在英语中，它成为“翡翠绿”。

从来没有哪种绿色与之相似。对于寻求强烈着色效果的19世纪艺

术家，如前拉斐尔派和印象派画家来说，它看起来必定像是天然的选择。直到1822年，这种绿色才能够广泛获得，当时德国化学家尤斯图斯·冯·李比希发表了一篇关于其成分和合成的报告——此前这是扎特勒怀着嫉妒守护的商业秘密。温莎＆牛顿公司于1832年开始把它作为一种油画颜料销售，一直渴望尝试新材料的透纳，最早使用它大约也在同一时间。

由于制作相对便宜，翡翠绿在室内装饰中也广受欢迎，这种绿色和舍勒绿在19世纪中期都以工业规模生产。不过，受这些绿色颜料中的砷成分危害的，不仅仅是制造商。这些颜色以厚浮雕形式印在有图案装饰的廉价壁纸上，一经涂刷，会产生有毒的粉尘。如果暴露于湿气中，色料会分解而释放出胂，即一种来自砷化氢的致命气体。19世纪60年代，伦敦的《泰晤士报》警示了这些含砷绿色颜料用于室内装饰的危险："并不罕见的是，睡在贴有这种壁纸的卧室的孩子们甚至会由于砷中毒致死；这种弊病的真正面目一经发现便已无力回天。"[123]传说中，拿破仑·波拿巴就死于砷气中毒，毒气是从他流放于圣赫勒拿岛时，所住房子那潮湿墙壁上的翡翠绿涂料中发出的。

西伯利亚的柠檬

与多数国家相比，法国更为深切地纪念着自己的化学家，但人们不禁想，有多少巴黎人现在还会将他们的沃克兰街，与18世纪90年代在法国化学的最前沿加入贝托莱、富克鲁瓦和居顿·德·莫沃三巨头的那位杰出分析化学家联系在一起。尼古拉·路易·沃克兰[124]与富克鲁瓦一起，在矿物绿柱石中发现了铍元素，并于1797年将注意力转向了铬铅矿，这是18世纪在西伯利亚发现的一种明亮的红色晶体。

法国人称它为plomb rouge de Sibérie，意即西伯利亚红铅；在西方，似乎是德国人J. G. 莱尔曼于1762年首次提到它的。这种矿物在粉碎后变成深橙色，但是无法作为艺术家的色料使用。

沃克兰的研究显示，这种矿物中有一种新的金属，其化合物容易被强烈着色。为此，他给出了chrome这个名字，来自希腊语中的"颜色"；我们现在知道这种元素是铬。铬铅矿是化合物铬酸铅的天然形式；但是随后合成纯铬酸铅时，沃克兰发现这是一种浓郁的黄色。与贝托莱合作，他于1804年提出这种物质或许可以作为色料。到1809年，当沃克兰在此时已相当权威的《化学纪事》杂志（他是编委之一）上发表了他对铬的色彩成分的深入研究时，"铬黄"已经出现在艺术家的调色板上。例如，它出现在托马斯·劳伦斯绘于1810年的《一

位绅士的肖像》（Portrait of a Gentleman）中。[125]

铬酸铅的确切色相，可以通过与硫酸铅从溶液中共同沉淀来调节：一半铬酸盐和一半硫酸盐产生一种樱草黄，与65%的铬酸铅混合产生柠檬黄，随着铬的比例增加，颜色逐渐加深。沃克兰发现，颜色也可以通过合成温度的变化来改变，因为温度影响着颗粒的大小。按这位化学家的叙述，向溶液中加入酸会产生“深柠檬黄”，他告诉我们这是画家们最珍视的。如果色料从碱性溶液中沉淀出来，则呈橙色色相：“偏黄的红色，有时是美丽的深红色。”铬橙比镉橙出现得更早，是艺术家遇到的第一种纯粹的、强烈的橙色色料（雄黄接近于黄色），很快就被用于获得引人注目的效果。

尽管有所有那些动人之处，铬色料要想获得广泛使用，还必须让人负担得起。当铬的唯一来源还在遥远的西伯利亚的时候，这是不可能的。1818年，一部关于“艺术的博物史”的法国辞典评论称，就连俄罗斯的艺术家也为铬酸铅“耗资不菲”。然而就在那一年，矿物铬铁矿（铬酸铁）矿藏在法国瓦尔地区被发现。铬铁矿也于1820年在英国设得兰群岛被发现。新的色料遭到贪婪的消耗，瓦尔地区的矿山到1829年几乎被掏空。但是，从1808年开始，美国也发现了资源，到1816年铬矿已经跨越大西洋进口到英国用于色料制造。

19世纪上半叶，纯粹的铬黄和铬橙仍然相当昂贵。但是由于着色力极强，这种色料可以与相当数量的填充剂，如硫酸钡混合。这鼓励了铬黄作为商业涂料的应用。它在欧洲马车上的出现，比美国的金丝雀黄出租车还要早。

沃克兰1809年的论文还提到了通过焙烧铬铅矿的提取物来制备的“un vert extremement beau”，此即氧化铬。由于出色的稳定性，氧化铬很快作为一种陶瓷釉料受到珍视。“由于显示出的美丽的翡翠绿”，沃克兰满怀热情地说，这种色料“将为瓷釉画家提供手段来丰富他们的图片、改进他们的艺术”。然而事实是，纯氧化铬是一种相当晦暗的色料，在画家中用得并不很多。[126]

但在1838年，巴黎颜料商帕内捷得出了配方，能将氧化铬变成一种暗沉、冷色调且略微透明的绿色，后来它在法国被称为vert 176émeraude（不要与英国的翡翠绿，即乙酰亚砷酸铜混淆）。在英国这种色料被称为翠绿。它深受印象派画家的喜爱，更是塞尚指定的绿色。

翠绿不过是水合氧化铬：在晶格中有一些水分子。但这就导致了所有的区别，把铬离子的色相调节得比纯氧化物更吸引人。帕内捷密

切地守护着自己的配方，对这种色料收费很高。然而，在1859年，法国化学家C. E. 吉涅研制出了另一种制作方法，于是翠绿很快打开市场，受众广泛。几乎顷刻之间，它在印刷、家庭和工业方面的用途就使有毒的翡翠绿黯然失色。

翠绿（viridian）有可能被混同于所谓的铬绿（chrome green），后者是一种普鲁士蓝和铬黄的混合物，在19世纪有过商业销售。由于奇怪地被称为辰砂绿或朱砂绿，这种混合颜色的身份变得更为模糊。这些混合物的颜色范围从刺目的绿色延伸到橄榄色，由于价格低廉，它们被大量使用。作为艺术家的色料，铬绿有明显的缺点——在强光下或者在酸性或碱性条件下会褪色——但还是在19世纪的一些画作中发挥着重要作用。

沃克兰对铬的多彩化学成分的研究揭示了其他的新色料，导致了铬酸盐基各种黄色莫名其妙的大量涌现。作为“柠檬黄”销售的色料可能具有许多不同成分中的一种：不仅是铬酸铅或与硫酸铅的某种混合物，还可能是所谓的碱土金属钡和锶（或更罕见的钙）的铬酸盐。由沃克兰在1809年描述的铬酸钡，也被奇怪地称为outremer jaune（黄色群青）。它比铬酸铅更不透明，但更稳定——铬黄易于变成棕色，这一点在该世纪后期引起很多叹惜。沃克兰还制造了铬酸锌，从19世纪50年代起作为艺术家颜料锌黄出售。由于具有防锈性能，铬酸锌在第二次世界大战期间被广泛用于军事装备。

钴彩虹

但是，接下来还有关于蓝色的问题。对于18世纪后期的画家来说，仍然没有哪种材料能与价格无法撼动的群青相比。拿破仑政府对这种匮乏状况极为重视，内政部长让——安托万·沙普塔尔[127]委托杰出的化学家路易——雅克·泰纳尔研制一种能够替代群青的合成颜料。[128]

泰纳尔是从卑微起步，登上高处的。他一开始是为沃克兰洗瓶子和碗碟，后来被提拔为实验室助理。凭借沃克兰的提携，泰纳尔成为巴黎综合理工大学的演示员，在那里他关于舍勒的氯的实验为他赢得了熟练的分析化学家的声誉。泰纳尔和同事约瑟夫·盖伊——吕萨克得出结论（只是暂时结论，因为拉瓦锡声称不是这样），认为这种在当时被称为氧化酸的物质，实际上可能是一种元素。事实上，它的确是一种元素，正如伦敦的汉弗莱·戴维很快就坚定断言的那样。戴维着眼于它淡淡的韭绿色来命名，称其为chloros，希腊人曾一度推崇chloros为一种原色。

在考虑沙普塔尔的挑战时，泰纳尔意识到塞夫勒的陶器在蓝色釉料中使用了含钴盐。他想知道，这些材料是否也可能为艺术家提供一种精细的蓝色。毕竟，钴是中世纪色料大青这种蓝色玻璃中的着色剂。18世纪初，瑞典化学家耶奥里·勃兰特分析了大青，确认钴（已经以其矿石命名）就是产生这种颜色的元素。

1802年，通过将钴盐与氧化铝混合，泰纳尔合成了一种蓝色固体。泰纳尔的蓝色（铝酸钴）比蓝铜矿、普鲁士蓝或靛蓝色调更纯，很快就被用作色料。后来，合成方法得到了简化，使得天然钴矿石可以用作起始材料。这种色料作为钴蓝进入了艺术家的颜料总目录。

铝酸钴很昂贵，但也很受欢迎——唯一真正的竞争对手是从19世纪50年代开始制造的合成群青。然而，钴还有更多的178用处，其变色龙般的习性能与铬相媲美。另一种钴蓝，即氧化钴和氧化锡的混合物（锡酸钴），在19世纪60年代已经可以获得，由罗尼公司作为一种水彩颜料在英国销售。到了19世纪70年代，它被作为油画颜料销售：在英国名为“天蓝”，在法国名为bleu céleste。锡酸钴带一点绿色，有些类似于蓝铜矿。到19世纪90年代，天蓝落下了不耐久的名声，但新印象派画家保罗·西涅克属于迷恋它的人之一，愿意承担风险。

19世纪中叶，市场上又出现了三种钴颜料。钴绿的成分与钴蓝相似，只是其中的氧化铝部分或全部被氧化锌替代。事实上，它由瑞典化学家斯文·林曼于1780年发现，比钴蓝还早；但只有当氧化锌变得容易获得时，钴绿的制造才成为可能。1901年，化学家兼业余画家阿瑟·丘奇称赞它“在化学上和艺术上堪称完美”——色彩明亮，极为稳定。但钴绿的不透明度不是很好；与所有钴色料一样，它仍然昂贵。同样的缺陷也限制了钴紫，钴紫是从1859年起在法国开始制造的。

最复杂的钴颜料是一种黄色，画家称其为钴黄，化学家则称其为亚硝酸钴钾。它是在1831年由德国人N. W. 菲舍尔合成的，但没有作为色料销售，直到19世纪50年代初由法国人E. 圣埃夫尔在巴黎独立地重新发现它。钴黄于1861年首次上市，但广泛应用仅限于作为水彩——温莎＆牛顿于1889年推出了该公司的“樱草钴黄”水彩。对于油画家来说，有更好、更便宜的黄色色料随时可用。

试用中的颜料

艺术家如何应对调色板上颜料的这种激增？新的颜料看起来鲜明亮丽，充满诱惑，许多画家很快就倾倒于它们的魅力。但研究艺术的学者建议要慎重，指出这些新颜料的耐久性在很大程度上是未知的。

从未有哪个时候像现在这样，极有必要对材料进行严格的测试。这是专家的工作，也就是化学家的工作。1891年，法国画家让——乔治·维贝尔推荐了一个精心遴选的色料列表，艺术家可以依靠它来“维持色彩的鲜明和清新”。其中有锌白、镉黄、铬酸锶黄、钴蓝、氧化铬绿（不是翠绿，而是非水合的不透明绿）、钴绿、钴紫和1868年发现的锰紫。

这样的建议利用了一类新的颜料技术专家的研究：他们深谙化学，熟悉如谢弗勒尔、亥姆霍兹和麦克斯韦等科学家最新的色彩理论，并与美术界联系紧密。他们是科学与艺术之间的桥梁，而且是世纪交替时濒于消失的那一类型。

在法国，对于艺术家应该受益于法国在化学领域的领先地位，沙普塔尔一直萦怀于心，并委托巴黎综合理工大学化学家J.-F.-L.梅里美寻找新的有色材料。梅里美同样是一位专业画家，他已经分析了佛兰德斯画派古代大师们的技术。他觉得艺术家要想避免某些当代作品中明显表现出的衰败，最好理解这些传统的方法：

> 胡贝特和扬·凡·艾克所用的颜色在三个世纪后仍然鲜明，令人惊奇；他们作品的绘制方式，与那些在几年之后就可以看出明显变化的作品并不相同。[129]

这是接下来的几十年里一再出现的叹息。但是梅里美寻找新色料的努力收效甚微，虽然这种努力的确为他带来了一种新形式的茜草红色淀carmin de garance，后来它在法国大受欢迎。

“生于印度的伦勃朗”

约瑟夫·马洛德·威廉·透纳（1775—1851）炽热的作品打破了19世纪早期传统中的棕色外壳。有时候，他对色彩的使用似乎是想完全消除线构，甚至如约翰·拉斯金这样的仰慕者有时也宣称这种新的、明亮的绘画方式令人迷惑。“空无一物的画作，还分外讨喜”，这就是苛刻的批评家们的看法。

从18世纪末直到1851年去世，透纳一直是英国皇家美术学院受人尊敬的成员，虽然由于拙于社交，他与同时代的人关系并不亲密。甚至还在1795年，这位年轻的画家就通过《海上渔夫》（Fisherman at Sea）初步显示了他的创作体系，主导这部作品的是光透过茶褐色和蓝紫色暴风云的着色效果。大气主导着透纳的作品，其中苍白的太阳努力穿透各种各样的薄雾、浓雾、云和风暴。一位评论家认为，

《雾中日出》（Sun Rising through Vapour，约1807）是透纳大多数画作一个潜在的一般性主题。

这些渲染气氛的花哨作品需要浓郁、鲜艳的颜料，而不是康斯太勃尔喜欢的柔和的土质颜料。随着透纳的太阳和蒸汽越来越多地脱颖而出，遮蔽他的风景，根据1823年一部百科全书的说法，他的全部作品似乎“在一些新发现的颜料的边缘颤抖”。对于一些批评者来说，这有些过头了。由于透纳在尝试捕捉曚昽阳光的主观特征时，使用颜料的方式越来越偏离自然主义，一份报纸在1826年以恳求的口吻写道：“我们……希望透纳先生回归自然，把自然作为女神来崇拜，而不是作为困扰着他的‘黄铜’。”当透纳展示他的古典海景画《尤利西斯嘲弄波吕斐摩斯》（Ulysses Deriding Polyphemus，1829）（彩图7.1）——一幅由红、黄原色与锦葵紫和火橙构成的光彩夺目的大杂烩时，《先驱晨报》评论说：

> 在这幅画作中，真理、自然和感觉让位于夸张的效果……事实上，它可以作为着色失控的标本——彻头彻尾的朱砂——彻头彻尾的靛蓝；绿色、黄色和紫色最耀眼的色调都在争夺主导地位。

透纳的色相具有异国情调，是属于东方的——根据当时出色的艺术评论家约里斯·卡尔·于斯曼的说法，仿佛“由出生在印度的伦勃朗完成”。

如此生动的色彩并不为人熟悉，也令人不安。用艺术史学家埃里克·沙恩的话来说，维多利亚时代的人们喜欢“逼真甚于绘画技巧，喜欢多情的着色甚于透纳的鲜明色相”：换句话说，雷诺兹和庚斯博罗无疑正在创造你应该看到的东西。然而，某一类型的真实性正是透纳和印象派画家所寻求而不是回避的：不是学术传统的“真实性”，这只是自然的理想化和形式化，而是在观察者心中留下的印象的真实性。至于“鲜明的色相”，这些来自哪里、它们为什么令人震惊，都不存在疑问——因为直到19世纪初，没有人看到过这样的绿色、黄色和蓝紫色，一如现在从创新者的作品中散发出来的那样。

透纳抓住这些新的色料，几乎和化学家分配它们一样快。钴蓝、翡翠绿、翠绿、橘红朱砂、铬酸钡、铬黄、橙色和猩红色，以及新的黄色和红色色淀，在每种新材料被引入的几年内，透纳都会加以使用。这样做当然是冒着发生灾难的危险：同时代的雕刻家J. 伯内特称，在其他艺术家没有勇气时，透纳敢于使用这些新的色料。一个不幸的后果是，到19世纪末，一些稳定性差的新色料让透纳的多部作品很难修复。

从透纳在皇家美术学院“润饰日”中的习惯行为的一则故事，我们可以窥见他对新的合成色料的狂热追捧。在这一天，学院成员们会把画作悬挂起来上光。在施加保护涂层之前，允许他们进行几天的最终修饰。19世纪30年代，在透纳喜欢带来的画布上，构图沉闷、寻常。一旦它们与透纳的对手（透纳正是如此看待他们的）的画布并列展示时，他就当场开始了大部分真正的工作：

> 透纳在润饰日从一幅画走到另一幅，堆上……手边能抓到的所有最亮的色料，铬、翡翠绿、朱砂等，直到它们实际上因光和颜色而充满光彩……艺术家们曾经害怕自己的画作挂在他的旁边，说就像挂在敞开的窗户旁边那么糟糕。[130]

透纳的同时代人真是直白，他们更保守的绘画风格毕竟不可能捕捉真正的白昼之光！

透纳不仅仅是通过新色料来实现这些炫目效果的。他也知道如何充分利用对比来增强鲜明度，正如康斯太勃尔在吃了苦头后才发现的那样。有一次，一幅偏灰色的海景画本来会很沉闷，但透纳当场随意涂抹了一些红铅，于是画变得格外大胆，比康斯太勃尔相邻画作中的朱砂和红色色淀更为出色。“他一直在这里，放了一枪。”康斯太勃尔苦涩地说。

专业颜料

为了快速获得新色料，透纳需要有可靠的来源。他从几家伦敦供应商处购买了颜料，包括J. 舍伯恩、詹姆斯·纽曼和温莎＆牛顿。但透纳的主要来源是19世纪英国颜料制造巨头乔治·菲尔德，透纳与他是在该世纪初结识的。毫无疑问，如果没有与如此内行的一位化学家的合作，透纳将很难以较少的材料来实现他的辉煌效果。同样毫无疑问，我们得感谢菲尔德，因为他对颜料进行了彻底测试，透纳的画作现在才没有褪色得更厉害。[131]

菲尔德作为颜料制造商的职业悖论是，他对色彩理论相当生疏。他不相信牛顿的观念；他声称“不可能通过颜色的任何混合来构成白色”，从来不知道加色混合和减色混合的区别。菲尔德主要是一个技术专家，并且从各种说法来看他与大科学家们很少接触，尽管他声称曾在汉弗莱·戴维和迈克尔·法拉第门下研究化学。然而，菲尔德关于颜色和色料的专著《色谱法》（Chromatography，1835）在那些寻求材料方面的指导的画家中颇有影响。（不过，拉斯金提醒学生，不要理会这本书中关于“颜色原理或色彩和谐”的评论。）当时最杰出的

艺术家们，包括康斯太勃尔和托马斯·劳伦斯，都到菲尔德这里来寻找自己想要的颜料。

菲尔德的企业一开始是在伦敦制造茜草红色淀，后来于1808年扩展为布里斯托尔附近的一个颜料制造厂。他试图培养茜草植物，染色行业对这种植物需求量很大。1755年，艺术促进协会（Society forthe Encouragement of the Arts）提供了一笔奖金，鼓励在英国成功培育出茜草，以减少对荷兰进口的依赖——在与其他欧洲国家处于战争状态期间，这一来源很不可靠。菲尔德研制了一种压榨机来提取染料，同时改进了茜草红色淀，包括棕色、粉红和紫色品种以及浓郁的茜草胭脂红的制备。

菲尔德支持以红色、黄色和蓝色作为三原色（他将之与神学考虑相关联），认为识别和制造与这些纯色相对应的色料很重要。他坚持认为，这些色料就是柠檬黄（或者较早时候的印度黄）、茜草红和群青。菲尔德对透纳的激情迸发大有贡献，但他自己的品味却保守得多。他更喜欢使用三次色的低调风景画："贞洁的眼睛从三次色的和谐中能得到更大的满足，其中三种原始色［原色］更紧密地结合在一起。"为了达到这个目的，菲尔德同样努力为三次色开发纯色料，信守着古老的（却并非没有正当理由的）信条，即"艺术家使用的颜色应该尽可能纯粹，未经混合"。

菲尔德制造的色料受到许多英国艺术家的高度评价。最受珍视的是他的"橘红朱砂"，这是他研究过18世纪德国画家安东·拉斐尔·门斯的颜色后，研制出的传统合成硫化汞的一种。菲尔德自己声称，他的颜色"比任何已知的色料都能给出更纯净、更精致的暖肉色，很像提香和鲁本斯的颜色"。这种颜色从19世纪30年代开始流行，由颜料商查尔斯·罗伯逊出售，后来由温莎＆牛顿出售。但菲尔德没有透露它是如何制成的，前拉斐尔派画家威廉·霍尔曼·亨特在菲尔德死后称，"我相信他把秘密带入了坟墓"。亨特说，尽管如此，"这种色调仍在售卖，菲尔德的名字就是最好的促销"——即使它并不总是符合这样的预期。

菲尔德对新色料耐久性的测试称得上他那个年代中最严格的。他的《色谱法》中包含无数手绘样品，其今天的修复状态有时强烈地提醒着我们19世纪艺术家面临的危险。例如，碘红是一种表面上有吸引力的色料，基于贝尔纳·库尔图瓦在1811年至1812年发现，并由汉弗莱·戴维于1814年命名的同名元素。同年，沃克兰研究了碘和汞的深红色化合物，不久后这种化合物便作为色料被引入。菲尔德的测试让他对这种"靠不住的"新颜色不再热情："作为猩红色天竺葵的颜色，没有什么能够望其项背，但它的美丽几乎像鲜花一样稍纵即逝。"他似

乎提醒过透纳远离这种诱人的红色——它出现在这位艺术家画室的材料中，但透纳几乎从未在油画中使用它。[132]它很快就过时了；从菲尔德书里斑驳、发白的污渍中，我们可以看出端倪。

菲尔德与透纳的关系充满波折，从他们在色彩上的不同偏好来看，这一点并不奇怪。在19世纪20年代，两人关系密切，甚至地理位置上也是如此：透纳在特威克纳姆[133]，菲尔德在伦敦西部的艾尔沃斯[134]。但在菲尔德的《色彩学，或色彩的类比、和谐和哲学》（Chromatics; Or the Analogy, Harmony and Philosophy of Colours, 1845）第二版中，这位颜料制造商责备透纳

> 犯了美丽的错误，即在绘画时将棱镜应用于他的眼睛，而不是通过物体在漫射的太阳光谱中的自然呈现来表现物体；在此错误之下，他将场景转换成愚人的天堂，通过诡计而不是自然的眼睛来观看。[135]

当然，现在没有必要再问我们更喜欢哪一种："自然呈现的物体"，还是透纳的"愚人的天堂"（指称棱镜的旧术语）。画家本人轻快地表达着不屑："你告诉我们的还不够多。"他对菲尔德说。

颜料的罗曼史

透纳的棱镜视觉在《光与色（歌德的理论）——洪水灭世后的清晨》［Light and Colour (Goethe's Theory)——The Morning After the Deluge，约1843］中表现得最明显。画作的构图近于抽象，其中昏暗的、几乎不可见的人物占据着一个闪烁着原色的色域。正如标题所示，这幅画是在艺术家阅读了查尔斯·伊斯特莱克爵士所译的约翰·沃尔夫冈·冯·歌德的《色彩理论》（Theory of Colours，1810）英译本后绘制的。

也许我们最应该感谢歌德的地方是，他为棕色肉汁的懒散潮流提供了一些缓解——对棱镜色的诸般可能性的某种重新唤醒。这位诗人的科学著作受到主观教条的指导，似乎与受到有条理研究的指导同样多，而歌德在《对光学的贡献》（Contribution to Optics，1791）和随后的《色彩理论》中对牛顿的"真正的知识堡垒"不加克制的攻击，既反动又错误。例如，歌德重申了亚里士多德的观点，即颜色是由亮和暗混合而成的。由于不了解加色混合和减色混合的区别，他提出了老式的反对意见，即白光不可能由彩虹的所有颜色复合而成（如牛顿断言的），因为相应的色料混合给出的几乎正好是相反的东西。然而，他无法亲自通过重复牛顿的"判决性实验"来检验它，而是建议所

有人“避开暗室，在那里他们给你看的是扭曲的光”。

对歌德来说，亮和暗可以等同于唯一的两种“纯”色：黄色和蓝色。他说，红色不是“单一的颜色，而是……一种可以附着到蓝色和黄色上的属性”。因此，红色以某种方式由“［蓝色和黄色］颗粒的重叠”产生。他认为，这与两种颜色“混合而不联合”的结果不同——在那种情况下，产生的是绿色。歌德试图使这种双重性成为一整套两极对立的基础：蓝色“冷”而“男性化”、黄色“暖”而“女性化”，等等。他的哲学的一个不幸的遗产，就是这种朝向极端极化的本体的趋向，后来被神智学和人智学运动毫无保留地采纳。

然而，从歌德的实验操作和幻想思考的融合中，也出现了一些有用的概念。他的色彩理论把急需的注意力集中于色彩的心理而不是纯物理方面。他对极化对立的强调有助于确立互补色的观念，这是19世纪艺术家大部分色彩运用理论和实践的核心。

浪漫主义是19世纪初的先锋，歌德的哲学谈到了它充满想象力的精神。在德国，歌德在色彩理论方面与浪漫主义艺术家菲利普·奥托·伦格（1777—1810）相一致。在英格兰，浪漫主义在前拉斐尔派兄弟会和威廉·布莱克（1757—1827）画作那明亮的原色中得到了表达。

前拉斐尔派画家约翰·埃弗里特·米莱斯（1829—1896）、威廉·霍尔曼·亨特（1827—1910）和丹蒂·加布里埃尔·罗塞蒂（1828—1882）那充满激情的幻想，要求的是鲜亮的颜色；他们对这些颜色的运用在19世纪50年代的英国艺术界引起的喧嚣，不亚于印象派画家二十年后在法国点燃的。他们拒绝使自然的明亮色调变得柔和，来符合良好品味的苛求，这导致1851年《泰晤士报》谴责他们“一心一意专注于微小事件……挖掘出了每一分过度的鲜明和畸形”。就他们这一方面来说，前拉斐尔派画家们嘲笑皇家美术学院那暗淡的明暗对照，并给学院的带头人乔舒亚·雷诺兹取了个绰号——“边走边泼爵士”（Sir Sloshua Slosh）。对于听任国家美术馆内古代大师们的作品在时光流逝和浓厚上光油中变成“祖母的茶盘一般的棕色”，霍尔曼·亨特痛骂不已。

为了从色料中获得最好的效果，前拉斐尔派画家们效仿了鲁本斯和威尼斯画派古代大师们的习惯，通过在不透明的白色底子上用几乎未加混合的颜色罩色，来确保最大程度的光亮。在颜料商人罗伯逊给他们提供的画布上，事先就涂有明亮的锌白底子。米莱斯的《奥费利娅》（Ophelia，1851—1852）中充满了新材料，包括钴蓝、氧化铬、锌黄、铬黄和最浓郁的茜草红色淀。这里的亮绿色是由普鲁士蓝

和铬黄混合成的。前拉斐尔派画家试验了各种新的黄色和蓝色的混合物，以捕捉青翠的性质，这些混合物包括铬酸钡和铬酸锶与普鲁士蓝、合成群青或钴蓝。诋毁者说，结果“极不成熟，造成消化不良”。

霍尔曼·亨特对材料和技术有着浓厚的兴趣，与菲尔德在色料的持久性方面看法一致。他努力如颜料制造商建议的那样，尽可能不混合使用它们。在《良心觉醒》（The Awakening Conscience，1853）中，亨特采用了强烈的黄色——铬黄和锶黄——以及钴蓝、翡翠绿，特别是相对较新的纯橙色——马尔斯橙色。鲜艳的红色和紫色在他的《凡伦丁从普洛丢斯之手拯救出西尔维娅》（Valentine Rescuing Sylvia from Proteus，1850—1851）（彩图7.2）中相当显眼，其中即使是泥土也散发着秋天的火热色相，点缀着发出微光的亮色，预示着在英吉利海峡另一边即将展开的绘画革命。

第八章 光的统治——印象派的明亮效应

走到户外作画时，试着忘记面前的事物，诸如树、房子、田野之类的。就把这里看成一个蓝色小方块，这里看成一个粉红色长方形，这里看成黄色条纹，仅仅按照它看起来的样子来绘制，照搬颜色和形状，直到它为面前的场景提供了你自己的天真印象。

——克劳德·莫奈

把四分之三的画布弄上黑色和白色，其余的涂成黄色，随意分布一些红色和蓝色斑点，你就会得到春天的印象，在它面前内行会欣喜若狂。著名的“沙龙拒绝品展”（Salon des Refuses）让人一旦想起便忍俊不禁……那是卢浮宫而不是卡普西奈大街上的展品。

——E.卡顿，对第一次印象派画展的评论（1874）

19世纪的各项发明包括阿司匹林、塑料、热力学定律等，其中还有艺术家作为孤独的、被误解的天才这一形象。到了19世纪最初十年，绘画不再是一门手艺，而是一种职业，一项受规则和关于实践与品味的共同标准约束的学术主题。它受人尊敬、郑重其事，却又奄奄一息。这个场景契合艺术家的新化身：反叛者和局外人，现代人类的原型。

被忽视的艺术家在贫困中生活和死亡，这已不是什么新鲜事——毕竟，这就是伦勃朗的命运。但在19世纪，我们看到一类画家的出现，他们的优先考虑既不是商业也不是学术。的确，对于希望拿来出售的画作（今天我们欣赏的那些作品，其中的一些可能从来不是为了展览），印象派画家可能沉迷于一种更受欢迎的风格和技法；但是这个画派以及其后的那些画派，没有时间去理会艺术机构的规定，也没有时间去考虑公众或批评者的保守本能。他们应用的规则是自己设计的。

当人们考虑到该世纪初美术学院里令人窒息的气氛，以巴黎的高等美术学院（Ecole des Beaux-Arts）为代表，这一点就毫不奇怪。在这里，学生几乎没有学到什么关于颜色的知识；他们极少甚至从未被允许将原始的颜料应用到画布上。相反，重点在于素描，在于线条和形式、光和阴影——这是线构对色彩的胜利，在17世纪的法兰西艺术院（French Academy）中被固定下来。绘画本身不得不在美术学院之外实践——学生会在许多私人画室（ateliers）中挑一个注册，其运作方式更像是艺术学校，而不是招纳学徒的工坊。

甚至当学生被认为已充分掌握素描技巧、可以执画笔时，其第一项任务仍然是临摹卢浮宫里古代大师们的画作，或画室师傅提供的画作。所有这一切都将在抑制创新和发明的背景下完成：艺术家的手应该在完成的作品中保持隐形。在许多方面，这种风格与文艺复兴盛期的风格差别不大，特别是在选择“适当”的主题，如古典神话的场景方面。这项训练针对的是持重的专业人员，他们随后可以通过出售安全又不起眼的产品给富裕的中产阶级来谋生。

市场有自己强制性的惯例。每年由法兰西艺术院组织的画展，称为沙龙，几乎是巴黎年轻艺术家向广大公众展示作品的唯一途径。为沙龙进行的遴选工作由评委会进行，大多数评委都是具有传统品味的学者。他们期望展品展示的是流行时尚那平滑、光洁的成品，激进的新风格极少有机会被纳入。而沙龙本身事实上就是一个市场：墙壁从地板到天花板都以作品包裹，没有考虑背景，也很少考虑可见性。不过，除了这样也别无他法。

于是，不足为奇的是，印象派画家——其中最杰出的是毕沙罗、莫奈、雷诺阿、马奈和德加——引起了愤怒和轰动，此时他们已不只是嘲笑对象。他们的作品被认为是粗略的、未完成的、杂乱的，描绘的是极为不雅的主题：真实的人，看在上帝的分上，忙着他们的日常生计！

印象派是一个运动，其驱动力量在于艺术完整性的无可避免，以及艺术家进行探索而不是如奴隶般盲从的需求。但是它所创作的图像沉浸于绚丽的颜色，没有恰当的材料便不可能完成。这项运动不仅仅是抽象的智力思维，能引发艺术的革命，也不仅仅是由对陈规的反抗所推动的。相反，正是在这些力量与艺术家材料的新的可能性汇合时，令人兴奋的事情发生了。它正是如此：在视觉艺术所目睹过的半个世纪中色料制造领域一些最引人注目的创新之后，舞台已经设置好了，情节发展有了新的方向。艺术从来不会回首。

通向光的道路

没有哪场革命开始时不曾鸣枪警告，虽然众人往往充耳不闻。印象派画家并非第一批挑战法兰西艺术院保守主义的法国艺术家：欧仁·德拉克洛瓦（1798—1863）在19世纪30年代扔下防护手套，运用起横扫一切的笔触和大胆的着色（彩图8.1），结果对于沙龙来说，它们过于莽撞。但是到了1855年，当年轻的卡米耶·毕沙罗（1830—1903）来到巴黎参观盛大的世界博览会时，德拉克洛瓦几乎已经成为一个权威。然而，没有人比德拉克洛瓦的主要对手，刻板、偏执和傲慢的让——奥古斯特——多米尼克·安格尔（1780—1867）的形象，更好地为这种权威赋予人格特征。

一种过分简单化的二元论将安格尔作为浪漫主义画家德拉克洛瓦在经典派中的对应：一个保守的画家，在旷日持久的辩论中支持线条甚于色彩，代表了直面着德拉克洛瓦的激情的理性。事实更为复杂。是的，安格尔坚定地扎根于过去（“他完全不知道近世的所有诗人”，他从前的学生、叛逃到德拉克洛瓦阵营的泰奥多尔·夏斯里奥如是说）；但他是个不拘一格的艺术家，可以绘制东方的主题和色彩，就像绘制17世纪的主题和风格，或者希腊与罗马艺术的历史和神话题材那样轻松。在安格尔的手中，即使陈腐的场景也可以成为天才作品，而从不那么杰出的艺术家那里，它们引发的只是贫乏的模仿。

也许波德莱尔的判断是最恰当的：他说，安格尔是专制的，“一个浑身倔强的人，具有极为特殊的能力，同时坚定地否认他不拥有的那些能力的效用”。安格尔着迷于线条，谴责没有精确勾画物体轮廓的作品，如德拉克洛瓦的那些。他坚持认为，“高贵的轮廓”可以弥补任何其他缺陷，例如颜色方面的。安格尔自己的作品体现了平滑的肌理，没有可见的笔触，这正是法国学院派期望的。

然而，他与德拉克洛瓦也有充分的共同点，要是两人愿意主动承认就好了。两人都是顶级的着色师，即使安格尔认为这不那么重要。他的《土耳其宫女与奴隶》（Odalisque with a Slave，1839—1840）以丰富的红色、绿色和橙色而自豪。至于德拉克洛瓦，他虽然在许多方面是进步的，却与安格尔同样认为，对画家来说主题有一个层级：基于历史、神话和宗教的宏伟的古典主题作品，本质上优于风景、静物和对日常生活的描述（被蔑称为风俗画）。在他们的“宏大”作品中，两位艺术家都不表现真实的人，而是理想化的寓言人物。安格尔若发现，他的“古典”作品今天无人理会，而他那通常纯粹为了商业原因绘制的肖像画，却（正确地）被认为是对那个时代最令

人惊叹的心理学研究时，想必会暴怒不已。

但是，正是颜色，比其他任何东西都更明显地将德拉克洛瓦和安格尔区分开。人们不可能不注意到德拉克洛瓦从颜色中获得的喜悦。他觉得同时代人基本上对如何运用它一无所知：

> 色彩理论的原理在我们的艺术学院中既没有分析也没有教授，因为在法国，研究颜色的法则被认为是多余的，如一句谚语所说："美术家可以造就，着色师却是天生。"[136]

他抨击了雅克·路易·大卫（1748—1825）的学院派，安格尔正是受训于他的门下；原因在于，该流派用色晦暗，避免丰富的色料，从中他感受到对颜色构成近乎古典的态度。他说，在这些画家的想象中，

> 他们可以通过用黑色和白色制备蓝色、用黑色和黄色制备绿色、用红赭色和黑色来制备蓝紫色等，来产生鲁本斯用亮绿色、群青等直率而生动的颜色获得的色调。他们还使用土质色料，如棕土、卡塞尔土和赭石等……如果画作放在一幅色彩丰富的作品，例如提香或鲁本斯的作品附近，它就现出了原形：粗俗、沉闷又了无生气。[137]

就德拉克洛瓦来说，他构建了多达23种色料的精细调色板，包括了当时可用的几乎所有色料。他认为颜色并非是固有的属性，内在于对象，而是"本质上是反射的相互作用"。 由于安格尔没有考虑这些反射——光从物体落到周围环境及其相反过程的影响——德拉克洛瓦抱怨说，安格尔的作品描绘了"粗糙、孤立、冰冷"的东西。有一个传说，说的是德拉克洛瓦为了突出一条黄色衣纹，决定去卢浮宫看看鲁本斯是如何处理的。巴黎的出租马车当时涂成金丝雀黄色，而德拉克洛瓦注意到，等待他的马车在阳光下投下蓝紫色阴影。这正是他想知道的；于是，他把钱付给车夫，随即返身继续工作。

这就是德拉克洛瓦先行于印象派画家一步的地方：他希望捕捉到光的舞动。但是1855年的官方立场没有错：在世博会上获奖并赢得观众赞赏的，是安格尔和他的模仿者们。德拉克洛瓦一再被拒绝接纳为法兰西艺术院院士，安格尔在该院却是一位颇有影响的院士。他们的敌对关系变得家喻户晓，成为报纸漫画的主题。

德拉克洛瓦后来被印象派画家奉为要人。但另一个不可否认的影响来自透纳，他在暮年也已经放弃了许多古典理想，开始在光的主导中寻求艺术的完整性。看到透纳作品（如它们在泰特美术馆的单独一

个房间里显示的）从早期的克劳德新古典主义风景画发展到晚期画作中梦幻般卷曲的明亮原色，就是看到当代艺术的道路预示在单独一个人的毕生画作中。19世纪70年代，毕沙罗和莫奈在伦敦看到了这些画作中的一部分，他们显然留下了自己的印记。透纳的鲁昂大教堂水粉素描（约1832），显然是莫奈在1892年至1894年间对这座伟大建筑进行的多次研究的先驱。不过，莫奈后来的赞美有所保留，他在1918年承认，“多年来我一直很喜欢透纳”——不过又补充说，“但现在远没有那么喜欢了”。

走到户外

在19世纪60年代，德国物理学家兼生理学家赫尔曼·冯·亥姆霍兹提出，艺术家试图重新创造在现实世界中看到的光和色彩的效果是徒劳的，因为可用的色料太有限——它们要求改变亮度的范围，即调低色相引入某种棕色。这意味着，尽管伪装成自然主义，传统艺术家只是应用惯例来表示光的变幻，这种变幻与艺术家看到的形象只有图式上的相似。亥姆霍兹说，

> 因此它不是对象的颜色，而是对象已经给予或将要给予的印象，这种印象将被模仿，以便产生尽可能独特和生动的关于这些对象的概念。[138]

这一描述不比印象派画家正在努力给出的任何描述差，它无法在画室内通过草图、不完美的记忆和理想化的形式来重建场景而实现。相反，它要求画家在自己的主题中工作，将视觉印象直接转化到画布上。他（怀着对贝尔特·摩里索和玛丽·卡萨特的歉意）必须进一步走出去。

在后来围绕着印象派画家的神话中，有一条说他们是第一批在室外工作的画家。他们当然不是；举例来说，透纳就组装了一条船，以便他可以（如后来所称的）在户外（en plein air）作画。很难想象，威廉·霍尔曼·亨特在《英国海岸》［Our English Coasts，后称为《迷路的羊》（Strayed Sheep），1852］（彩图8.2）中，可以通过在画室中琢磨来推断出如何出色地捕捉午后阳光下的彩色阴影。羊毛中的蓝色、红色和黄色与草的醒目蓝紫色结合在一起，形成了一种自然光泽，具有前所未有的说服力——足以让约翰·拉斯金相信，无论亥姆霍兹是如何断言的，亨特已经找到了一种在阳光和色料之间转化的方法：

> 在艺术史上，它第一次向我们展示了色彩和阴影之间绝对忠实的平衡。通过这种平衡，实际的阳光可以被转化成一个基本色调，其中各种作为材料的色料之间可能实现的和谐，应该在人的心灵上产生与光本身造成的印象相同的印象。[139]

令人惊讶的是，拉斯金和亥姆霍兹两人都援引“印象”这个词——这提醒我们，印象派的风格并不是完全由他们的意图决定的。

然而，印象派的一贯形象，即携带着画架和阳伞身处自然之中，是由印象派自己对这种活动的描述（雷诺阿和约翰·辛格·萨金特都画过在室外工作的莫奈），以及他们对这一不实说法的认可促成的。莫奈在19世纪80年代声称，“我从来没有画室，不明白为什么有人会把自己关在房间里”——虽然他自己的作品中就有证据表明后来在画室中修饰过。

对于法兰西艺术院的保守派来说，露天绘画这种方式被认为只适于画速写，原型还是要在室内从速写中重组。速写的直接即时和自然主义特征将在此过程中被一丝不苟地擦除。学院派传统的明暗对照法要求，阳光照射下的场景那苍白的色调要在它们的“历史景观”中变暗，以创造高度风格化的光影表现。这一传统手法在19世纪中叶受到“现实主义”画家，如卡米耶·柯罗（1796—1875）和居斯塔夫·库尔贝（1819—1877）的挑战。柯罗不是使室外场景的色调变暗了，而是将白色添加到颜料中，以增强亮度并捕捉对视觉的真实记录。“永远不要丢掉打动你的第一印象。”他说；对于像他的学生毕沙罗这样的青年激进者来说，这句话不妨作为一个口号。

对于印象派画家来说，绝对必要的是要向画布直接传达这些外部的明暗印象。这有时会给他们带来极大的麻烦。莫奈会立刻在几件作品之间飞奔，直面雨、风、雪和潮汐，试图抓住珍贵的时刻，在这些时刻的每种情形下，自然的光照都恢复到理想的状态。摩里索为一大群年轻人感到惋惜，每当她在室外支起画架时，这些年轻人便会聚集在她身边。

只有这种对自然光照的密切观察，才可能向印象派揭示了色彩中的奥妙之处，它们闪烁于表面上，也潜藏于阴影中。在写于普罗旺斯的文字中，保罗·塞尚说：“这里的阳光是如此强烈，在我看来，物体的轮廓不仅以黑色和白色，也在以蓝色、红色、棕色和紫色呈现出来。”对于这些画家来说，自然是绚丽色相的一支轻快舞蹈，很难通过混合传统材料来模仿。他们需要一条更宽的彩虹。法国诗人朱尔·拉弗格在1883年评论说：

> 在充溢着光的景观中……印象派画家认为光用以沐浴一切的，不是呆板的白色，而是由棱镜分解出的上千种鲜亮、缠斗的色彩……印象派画家按自然本身的面目来看待和呈现它——也就是说，全然以色彩的共鸣来呈现。[140]

这些画家如何着手捕捉“色彩的共鸣”？毫无疑问，直觉和经验主义发挥了重要作用；但印象派画家也大量运用科学原理，至少是他们能理解并转化为绘画术语的那些。最重要的是互补色对比的概念，它在19世纪初由化学家米歇尔——欧仁·谢弗勒尔提出。

对比的科学

歌德的《色彩理论》中充满了色彩二元论。但是在指导艺术家合理使用互补色方面贡献更多的，是化学家谢弗勒尔，而不是以物理学家自居的歌德。1824年，谢弗勒尔被任命为巴黎戈布兰印染厂厂长，并受命改善那里使用的染料显见的沉闷。[141]但他发现，染料本身无可指摘；相反，是染了色的线的编织方式，破坏了它们的鲜明色彩。互补或接近互补的色相被并排放置，结果是，从远处观看时颜色无法区分，在视网膜上相融成一种灰色。这是一种加色混合，类似于詹姆斯·克拉克·麦克斯韦用他的旋转圆盘产生的。艾萨克·牛顿在混合干色料的实验中观察到了类似的东西。他记述了黄色雌黄、亮紫色、浅绿色和蓝色如何混合在一起，在几步远的距离外给人鲜明白色的印象。

谢弗勒尔的观察结果让他试验了将互补色相邻放置的效果，他发现，对于小于产生光学混合所需的观察距离，并置实际上使两种颜色都得到了增强：“在眼睛同时看到两种相邻颜色的情况下，它们会显得尽可能不相似，在光学构成和色调的高度上都是如此。”[142]

对色彩的感知受到周围环境的影响，这一点画家们早已通过经验知晓；但谢弗勒尔将这一观点用科学权威的（越来越受尊重的）印记加以系统化。他的研究结果发表于1828年，随后迅速在艺术理论家之间传播。当谢弗勒尔在《论色彩的同时对比规律》（De la loi du contraste simultané des couleurs，1839）中增补并普及自己的作品时，这本书便成为画家们不可或缺的手册。[143]

谢弗勒尔用一个色轮来说明颜色之间的关系。色轮极为复杂，细分为74个区间，在白色和黑色之间有20度的色调变化：三维色彩空间的缜密制图就是从这里开始的。这些色标在他的《颜色及其在工艺美

术上的应用》中有描述，该技术手册主要是为颜料和染料制造商撰写的。

德拉克洛瓦承认不喜欢科学家（说他们“总是在等待比自己更有能力的人为他们把门打开一指宽”），但是任何对色彩感兴趣的艺术家都不能忽略颜色感知的这个基本方面。他利用谢弗勒尔的见解，在自己的多例室内设计中使用相邻的互补色，其影响在《公寓里的阿尔及利亚女人们》（Algerian Women in Their Apartment，1834）（彩图8.1）中便可看出（虽然不像一些人声称的那么明显），年轻的雷诺阿视之为“世界上最美的画”。但是，德拉克洛瓦作为一名“科学”着色师的声名是有问题的，功劳要更多地归于他的朋友、艺术评论家夏尔·勃朗对此概念的鼎力宣传，而不是归于他作品中的证据。此外，对比强烈的互补色也在安格尔的《土耳其宫女与奴隶》中表现明显，他在这幅画中把帷幔的鲜明红色与地板和家具的浅绿色并置——可以想见，德拉克洛瓦会对这种组合方式不屑一顾。

直到19世纪60年代，谢弗勒尔关于对比的互补色的法则，才经由对其著作的翻译而广为人知。夏尔·勃朗在《绘画艺术基本原理》中对这些观念的支持，后来也在法国成为标准指南，并对新印象派画家保罗·西涅克产生了形式上的影响。但是到了19世纪60年代，许多画家转而诉诸赫尔曼·冯·亥姆霍兹的混色研究，亥姆霍兹在1852年关于该主题的重磅文章被迅速从德语翻译成法语。[144]亥姆霍兹倡导的对比色与谢弗勒尔的相差无几，他认为，只有通过运用色彩对比，艺术家198才有望以不带自然的真正光彩的色料，来模仿自然光的效果：“因此，艺术家如果希望用他能够把握的色料，尽可能醒目地描绘出物体留下的印象，就必须画出它们产生的对比。”[145]

在亥姆霍兹的著作中，受到画家们特别青睐的是，从旋转圆盘的实验中，他将谢弗勒尔式互补色转变成艺术家可用的特定色料的混合物。在《现代色彩学》（Modern Chromatics，1879）中，这种方法由哥伦比亚大学的美国物理学家奥格登·鲁德往前推得更远。作为对化学有所了解的业余（水彩）画家，鲁德对材料方面的基础色彩理论颇为关注。他那色轮般的对比图，用群青、翡翠绿、朱砂和藤黄这些色料，增强了“蓝色”“绿色”等不加修饰的色相（图8.1）。鲁德的书成为印象派画家的标准文本，但此书作者的艺术传统主义意味着，他厌恶这些画家的作品。看到它们展出，据说他直呼：“如果这就是我为艺术所做的一切，我宁愿从来没有写过这本书！”

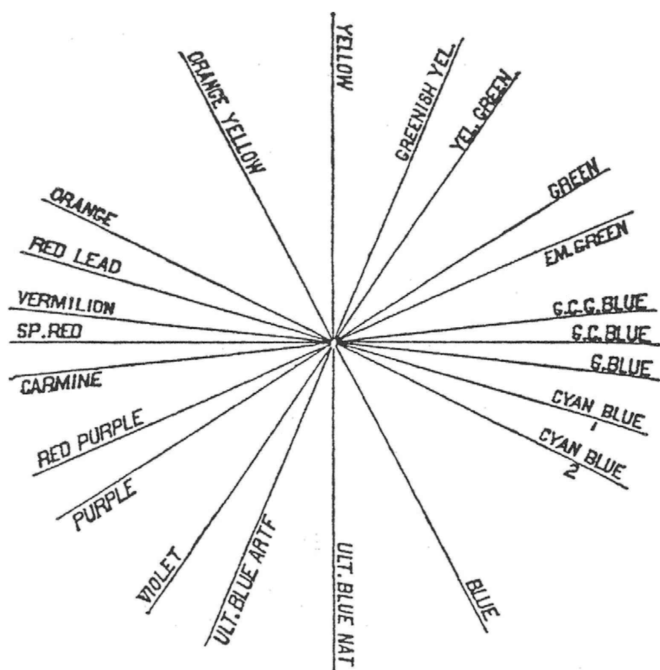


图8.1 在《现代色彩学》（1879）一书中，奥格登·鲁德从真实的艺术家色料方面显示了色彩对比，这种对比是通过彩色旋转圆盘的实验确定的。

克劳德·莫奈（1840—1926）在描绘水的画作中，给出了他最具谢弗勒尔风格的一些颜色对比，在那里阳光的变幻是最明亮的。在《阿让特伊的赛舟会》（Regatta at Argenteuil，1872）（彩图8.3）中，蓝色的水用强烈的橙色修饰；红屋顶的房子坐落在绿色的树叶之间；蓝紫色的人物和阴影与奶黄色的风帆相对而立。莫奈明确表示了他的意图——1888年，他如此呼应亥姆霍兹："颜色的亮度应归功于对比的力量，而不是其固有的特征……"当莫奈在《印象：日落（雾）》［Impression: Setting Sun（Fog），1872］中采用同样的橙色和蓝色的大胆并置时，那一轮太阳看上去几乎要从画布上跳下来。

进入物质的光

一旦领会了印象派画家的意图，我们就能明显看出，鲜明的新合成色料对他们的目标来说是如何不可或缺。19世纪90年代就职于巴黎高等美术学院的让——乔治·维贝尔，称它们为"只与强烈色彩搭配"的

令人目眩的东西（éclatistes）；毫无疑问他是对的。维贝尔并不反对新材料本身；正如我们在上一章中看到的，他称许并推荐了其中的一些，因为它们的“鲜明和清新”。但是，令艺术界感到不安的是印象派使用它们时的强度：以纯粹的、有力的笔触，它们的丰沛被周围的色相强化了。“除了用三原色（红、蓝和黄）及其衍生色，永远不要作画。”毕沙罗向学生塞尚如是建议，据称此前他清除了自己调色板上的黑色、熟赭和赭石色料。[146]

此外，维贝尔关注这些未经验证的色料的稳定性是正确的。印象派画家并不总是留心危险，有时会付出代价。在告别过去的形式方法的同时，他们也放弃了使画家能更好地了解材料的技术训练。他们以极大的热情接受了明亮的新色料，但几乎没有识别能力，通常是依靠供应商或制造商进行质量评估。缺点并没有被忽视——莫奈在19世纪80年代抱怨他的材料的不足之处——但是画家们除了向供应商表达不满外，也没有意愿或能力再做些什么了。

艺术原材料的这些经销商是些什么人？到19世纪中叶，艺术家材料的供应已经成为常规行业，具有属于自己的明确的分销渠道。在17世纪和18世纪，作为商品的色料往往被归类为进口香料或药物（某些艺术家材料也具有药物用途），因此由食品杂货商销售，这些人也经营食品和药物——让人想起在古希腊色料被称为“药”（pharmakon）。在18世纪中叶，法国的杂货商们（épiciers）开始有了专业分工，其中一些从根本上变成了艺术材料供应商，即颜料商人（marchands de couleurs）。

随着颜料制造越来越与化学合成相关，而不是对固体色料的简单研磨，它已经转变成了一个行业，大多数零售商所做的不过是把来自制造商的现成颜料打包而已。一些较便宜的颜色，包括铅白、锌白、铬黄、普鲁士蓝和合成群青等，被大量制造和销售，用于室内装饰。

18世纪，由方便的固体水彩的出现所推动的业余绘画的繁荣，为专门向艺术家提供上等材料的颜料制造商创造了利润丰厚的市场。其中就有威廉·里夫斯和托马斯·里夫斯两兄弟，他们于1766年在伦敦创立了自己的公司。1781年，皇家美术学会（Royal Society of Arts）的一个奖项使该公司有了获取皇家赞助的权利，公司毫不犹豫地把这一点用在广告宣传中。然而，18世纪在伦敦开展业务险象环生，正如《先驱晨报》于1790年10月记录的：

> 昨天，一头受到虐待的牛跑进了女王陛下的颜料商里夫斯先生的商店，它位于霍尔本桥；牛撞破了商店的窗户，碰倒了差不多全部的颜料和存货，最后还是被控制住，带到了屠宰间。它在

霍尔本撞翻两个女人，她们伤得很重，虽被送往医院却已无望康复。[147]

到19世纪初期，伦敦已经满是艺术家材料的供应商，互为竞争对手。其中一个是威廉·温莎和亨利·查尔斯·牛顿公司，成立于1832年。温莎＆牛顿公司的颜料受到英国画家，包括透纳的高度评价。对于这些公司来说，接受过一些科学上的训练是义不容辞的：温莎是一位化学家，牛顿是一名画家。

18世纪40年代起，色料开始在马力驱动的“颜料磨坊”里，在机械化的石辊之间被压碎。到19世纪20年代，磨轮由蒸汽驱动。但是，不像手工研磨能受益于磨工的技术和判断力，机械研磨的产品一开始品质低劣。直到1836年，巴黎颜料商人布洛才首先开始把它们用作艺术家要求的“精细颜料”。

颜料供应的另一个主要创新是可折叠金属管，它于1841年由美国肖像画家约翰·兰德发明。锡管取代了此前存储油画颜料的猪膀胱包裹，使颜料在包装中远不会轻易变干。这对印象派画家的偏好，即室外绘画来说特别重要。雷诺阿说：“没有装在锡管中的颜料，就没有塞尚，没有莫奈，没有西斯莱或毕沙罗，后来被记者们称为印象派的一切都不会有。”有人认为，也不会有雷诺阿。

艺术家必需品的这种商业化，促使画家与他或她的材料拉开了距离——对绘画用主要物质不带个人色彩和情感色彩的这种态度从此发端，最终促使20世纪的艺术家采纳家用乳液。J.-F.-L.梅里美于1830年抱怨说，画家不再能够区分材料的好坏。

当然有不好的材料。对颜料商来说，底线是利润，他们往往很少关心颜料的质量或长期稳定性。梅里美说，这些人“对自己的直接利润极为上心，胜过任何画作保存方面的考虑”。他们使用了能使颜料保质期变长的黏合剂，但是代价是导致其在画布上的干燥性能变差。色料是颜料中最昂贵的成分，颜料制造商倾向于尽量减少色料的使用量。但是由于所有的油料在干燥时都会变得微黄，油料/色料比高的颜料褪色更为明显。为了在降低色料含量的同时保持颜料的硬度，一些制造商加入了蜡，这样就产生了易于裂开的黏性材料。一些零售商在色料中掺入填充剂，例如白垩或石膏之类的惰性材料，结果不过是使这些有色物质用得更多。甚至有故意伪造的情况：用一种色料冒充更昂贵的品种，或暗中与其混合。一些颜料的名称与其所含色料之间的模糊关联，只不过增强了造假的冲动。

作为对这种做法的防备，许多艺术家努力与特定颜料商建立良好

的关系，依靠他们来为质量把关。毕沙罗和塞尚以及后来的梵高，用的是朱利安·唐吉家的，唐吉自1874年开始在蒙马特的克鲁泽尔街上经营一家小商店。丹麦画家约翰·罗泽把它描述为一家“不起眼的小小商店，比阿德尔加德［在哥本哈根］最蹩脚的二手经销商还寒酸……那里有成堆的画作，毫无疑问是用来抵材料钱的，其中就有相当名贵的”，为商店吸引了很多来访者。难以接近的梵高于1886年来到巴黎时，受到了唐吉的友待，梵高两次为这位商人画像，尽管多次抱怨他的商品。唐吉自己研磨色料，对艺术家来说，这样的供应商的优势之一是，他可以提供定制材料：例如，梵高就对粗研磨的色料提出了具体要求。

在印象派画家中，只有埃德加·德加（1834—1917）对自己的颜料中到底有些什么表现出了好奇。德加的笔记本中包含许多化学配方和技术说明，他还对材料进行了自己的实验——虽然是以特殊的方式，并且几乎没有化学理论的支撑。出于对马奈部分画作中发生的变色的担忧，德加寻求方法保护自己的作品免受时间的蹂躏。同时，他在色彩理论方面的持久兴趣，由来自于斯曼的赞扬得到证实：“自从德拉克洛瓦以来，没有其他任何一位画家像德加这样了解颜色的结合和掺杂，而德拉克洛瓦是德加长期的研究对象，是他真正的师父。”

印象派技法

印象派众多批评者中的一位提出，他们本可以把明亮的颜色填入枪中，然后朝画布上开火来实现想要的结果。在1874年的一场灾难性拍卖后，另一位批评者粗声说：“我们与紫色的风景、红色的花、黑色的河流、黄色和绿色的妇女以及蓝色的孩子们玩得很开心。”这是些什么样的颜色，竟激起如此的愤怒，尽管伪装成了风趣？

不用说，并没有独特的“印象派调色板”。但是该群体主要人物的作品采用了相当一致的颜色范围，对新材料有强烈偏好（彩图8.4），正是这些材料往往为印象派那才华横溢的全套技能贡献着最引人注目的效果。在从印象派画作中确认的20种主要颜料中，有12种是新的合成品：柠檬黄（铬酸钡）、铬黄、镉黄、铬橙、舍勒绿、翡翠绿、翠绿、铬绿、天蓝、钴蓝、人造群青和锌白。

和莫奈一样，皮埃尔·奥古斯特·雷诺阿（1841—1919）用相邻的互补色强化了河流场景的色调。在《泛舟塞纳河》（Boating on the Seine，1879—1880）（彩图8.5）中，深蓝色的水面上有一条刺目的

橙色小船与之形成对比，而船头的红色阴影补充了位于前景中的一丛绿色树叶，浅色的建筑物在其朦胧倒影的紫色中投下黄色高光。这幅画作中的色料（除铅白之外）仅限于7种，除红色外全是“现代”合成品：钴蓝、翠绿、铬黄、柠檬黄（铬酸锶）、铬橙（碱式铬酸铅）、朱砂和红色色淀。它们几乎不混合使用，新的纯橙色的影响从未如此明显，以浓重、纯净的笔触用于绘制船的轮廓。河是以纯钴蓝描绘的，只在某些地方加了些白色，并以红色色淀罩色来制造紫色阴影。这是直接来自颜料管的印象派。

莫奈也大量使用了非混合色彩，其典型如《雪下的拉瓦格》（Lavacourt under Snow，约1879）（彩图8.6）。这里用的是一种极为不同的大气照明（atmospheric lighting）：冷而肃杀，遮掩在太阳低垂的阴影中。然而，这些色相绝不是柔和的：雪闪耀着一种刺目的蓝色，由纯钴蓝中最亮的部分制成。群青和红色色淀被添加进来，为雪地蒙上灰色或锦葵紫。纯钴蓝、纯红色色淀和纯翠绿都可以在那些乡间小屋中找到。这里有暗淡的色调，树木和淡黄的天空中也有——橄榄色、卡其色、红棕色——但不是赭石色或土质色料：它们由明亮的色相，包括钴蓝、翠绿、镉黄、朱砂混合而成。与翠绿、翡翠绿、合成群青、红色色淀以及铅白一起，这些颜色构成了整个调色板；即使在此冬季风景中，莫奈也没有使用黑色。

这幅画极为清晰地展示了印象派对白色，即传统的雪“色”的态度。雷诺阿曾告诉一名学生：

> 白色在自然界中不存在。你得承认，在雪的上方有一片天空。你的天空是蓝色的。那蓝色必须显现在雪里。早晨，天空中有绿色和黄色……晚上，红色和黄色必定出现在雪中。[148]

华莱士·史蒂文斯在他的《满云的海面》（Sea Surface Full of 205 Clouds）一诗中呼应了这一描述：

在早晨那蓝色的雪中

普照万物的太阳，以及它的威严，

变成粉红色，刺穿坚硬如冰的忧郁。

有人可能会说，印象派的白色总是完全粉碎成它的光谱片段。在某种意义上，所有的印象派都用白色作画；因为他们的作品通常在光谱上包罗广泛，没有遗漏原色或二次色，正如毕沙罗的《有风景的调色板》含蓄承认的。因此，据说莫奈的画如麦克斯韦用于研究加色混

合的色轮一般，如果旋转起来，将模糊成银灰色。[149]

硬币的另一面是黑色。阴影——如果你愿意，也可以称之为与光互补的对应物——在印象派的风格中发挥着核心作用。但对这些画家来说，阴影不是暗色的，而是注入了颜色。“阴影不是黑色的，没有阴影是黑色的。”雷诺阿说，“它总是有一种颜色。大自然只认识颜色……白色和黑色不是颜色。”梵高附和道：“绝对的黑色并不真正存在。”

那么，克劳德·莫奈该如何处理《圣拉扎尔火车站》（La Gare Saint-Lazare）那阴沉、乌黑的内部？这幅作品他在1877年画了不少于四个版本。这里是用现代的、工业的情趣进行的户外绘画：我们透过机车散发出的滚滚烟雾和蒸汽，看向车站顶篷之外。然而，灰色、棕色，甚至是该系列中色彩最暗的作品中的黑色，都没有用到土质色料，而几乎完全来自新的、明亮的人造颜色的复杂混合物：钴蓝、天蓝、合成群青、翡翠绿、翠绿、铬黄，同样还有朱砂这种更老的红色——以及一种强烈的绯红色淀，它可能以现代合成染料为基础。白色是铅白，此外莫奈确实极少量地使用了象牙黑。但在整体上，屋顶、火车和乘客的暗色、偏黑的色相，是除黄色和白色之外所有色料奇妙混合的结果。这种“暗色”在某些地方带有绿色，在其他地方则带有紫色。画作所代表的是以非凡的方式展示印象派的信念——几乎推到了哲学的极端：即使是最昏暗的阴影也充满了颜色。

本可以用土质色料制成的棕色，在这里也煞费苦心地由复杂混合物构成，例如朱砂与钴蓝和天蓝的混合，此外还有绿色、红色色淀和铬黄的混合。与《雪下的拉瓦格》相反，未混合的色料几乎不存在。

该系列中车站内部的其他视图更为明亮：一个视图有丰富的绿色，另一个有丰富的蓝色、锦葵紫色和黄色。但是它们都含有复杂的色料混合物，证明了莫奈决心用色彩鲜明的材料来构建场景。

如果自然中没有黑色，阴影有任何特定的颜色吗？如果有，那么对印象派来说，它肯定是蓝紫色——与阳光的黄色互补的颜色。[150]印象派画作中丰富的紫色是备受嘲笑的主题：被指为“紫到躁狂”，即使是虑事更为周到的于斯曼也曾认为他们患上了“靛蓝躁狂症”，仿佛这是一种真正的集体病症，一种色盲。然而在对紫色阴影的这般识别中，没有什么醒目的新东西。歌德有一次评论称：“白天，由于雪的黄色色相，偏向蓝紫色的阴影已经可以观察到了。”1856年，德拉克洛瓦在描述一个男孩在明亮的阳光下爬上喷泉时，谈到“光线中黯淡的橙色，从阴影中浮现的部分是极为生动的蓝紫色”。

但莫奈更进一步，他宣称："我终于发现了大气的真正颜色。它是蓝紫色的。新鲜空气也是蓝紫色的。从现在起三年内，每个人都将以蓝紫色作画。"[151]

尽管有这种对蓝紫色和锦葵紫色的偏好，印象派获取它们时还是倾向于通过混合（通常是用红色色淀给钴蓝或群青罩色），而不是利用在19世纪50年代和60年代可以获取的钴紫和锰紫色料。这些新色料仅具有一般的着色能力，但是能给出比通过混合获得的更强的色相。莫奈比大多数人都更喜欢它们；另一方面，雷诺阿在《在剧院》（At the Theatre，1876—1877）和《伞》（The Umbrellas，1880—1881）中为无处不在的锦葵紫和紫色保留了色淀/钴蓝的混合物。

沙龙的拒绝

没有哪个创新者能指望一帆风顺。令人惊奇的是，面对着在19世纪60年代和70年代每迈出一步都会堆积到他们身上的蔑视、嘲笑和刻薄的话，印象派画家竟然找到了意志力量继续走下去。起初，他们几乎处于赏画公众的视线之外——他们的作品会被重要的沙龙一次又一次地拒之门外。就售卖而言，这是一个死亡之吻；甚至有购买者要求，如果他们购买的画作后来被评委会拒绝，就要退款。即使在19世纪60年代后期对评委的甄选流程进行了各种改革之后，裁决程序仍然牢牢掌握在毫不宽容的当权派手中。

在早期被标记为印象派的画家中，赢得沙龙偶尔（即便是勉强的）青睐的几乎只有爱德华·马奈（1832—1883）一人。马奈也许是该画派中最不激进的一个，他至少有一位有影响力的支持者，那就是正在衰老的德拉克洛瓦；后者到1857年时已不再被视为对艺术的威胁，最终当选为法兰西艺术院院士。事实上，马奈完全不认为自己是革命者，终其一生他都渴望得到公众和学界的接纳；这就造成了他与同僚，特别是不妥协的埃德加·德加之间关系紧张。在许多方面，马奈认为自己正在追随居斯塔夫·库尔贝所标示的道路，库尔贝在19世纪50年代作为现实主义画家获得声望，也留下一些恶名。库尔贝的作品直接从自然绘制，其捕捉到的自发和真挚，完全不必归功于法国学院派艺术家们有意为之的优雅和镇定。当他的一些最珍贵的作品被1855年世界博览会的评委会拒绝时，库尔贝采取了戏剧性的一步，即在官邸附近布设自己的画展——结果大大激怒了批评家们，备受其嘲弄。现实主义被认为是危险的，在1857年沙龙开幕时，法国国务大臣恳求艺术家继续"忠实于他们杰出大师的传统"，忠实于"充满美感的传统道

路那崇高而纯净的区域”。

克劳德·莫奈和奥古斯特·雷诺阿也钦佩并模仿库尔贝，不过库尔贝仍然谨慎对待这些年轻人的敬意，后者的现实主义已经不再苍白无力。现实主义渗透于马奈的《草地上的午餐》（Déjeuner sur l'Herbe，1863）和莫奈的《花园中的女人》（Women in the Garden，1866），而这两幅作品都被评委会拒绝。令人惊讶的是，马奈的裸体研究作品《奥林匹亚》（Olympia，1863）被1865年的沙龙接受，虽然也引起了愤怒的咆哮，说竟敢描绘一个真正的人（“一个伸展在纸上的瘦弱模特”），而不是古典传统的理想化小雕像。正是这一点，再加上对色彩的新奇运用和大胆实施，引起了敌意。这些年轻的现实主义画家以一种粗俗的态度来展示人的本来面貌——事实上，通常就是互为模特或以他们的伴侣为模特。马奈自称厌恶使用专业模特。

1863年沙龙的评委会特别苛刻，拒绝了提交画作中的三分之二。这样排斥的就不仅是现实主义创新者这一小部分人，从而引起了轩然大波；皇帝拿破仑三世被迫介入，裁定被拒绝的作品在工业宫的另一部分单独展出。但这次“沙龙拒绝品展”是一场灾难。由于从源头上蒙羞，展览变成了公众嘲笑的奇观，评委会认定这“与艺术的尊严不一致”，下不为例。

然而，一旦确立，这个想法显然成为一个大棒，许多心怀不满的艺术家都可以用它来敲打沙龙；1873年举行了第二次“沙龙拒绝品展”，为即将成型的印象派画家团体提供了一个橱窗，但再次受到媒体和公众的嘲笑。到1874年，该团体实在是受够了，雷诺阿、莫奈、德加、毕沙罗、西斯莱、摩里索、塞尚等人决定举办他们自己的画展。马奈显示出更为保守的本能，没有参加，因为他觉得只有通过沙龙本身才能获得正当的承认。

莫奈对于为自己的作品命名态度极为随意，1874年展览之前不得不宣布画名时，他建议就以“印象”为前缀——于是就有了《印象：日落（雾）》（1872），印象派的原型作品之一。这个词被一名讽刺评论家借用，他戏称整个团体为“印象派”。他们完全不讨厌这个标签，很快自己就开始用起来。

这个另起炉灶的画展要说真有什么的话，那就是比“沙龙拒绝品展”更具灾难性。由于拒绝接受“良好的艺术风格、对形式的热爱以及对大师们的尊重”，整个团体受到猛烈抨击。1876年，他们举行了第二次团体展览，得到了大体相同的反应。他们那明亮而陌生的色彩冒犯了评论家的敏感天性：“试着让M. 毕沙罗理解树不是蓝紫色，天空

不是新鲜黄油的颜色”，一个评论家说，而雷诺阿那肉体色调中的“绿色和蓝紫色斑点”“表示的是尸体完全腐烂的状态”。不用说，除了马奈（偶尔还有雷诺阿），所有人都没有获得商业成功；尤其是莫奈，他经常处于绝望的窘迫中，不得不写信向赞助人求助，以避免遭到驱逐而流落街头。

点状色彩

但是，随着这么多革命性变化的发生，慢慢地，敌意变成了冷漠，随后渐渐被纳入主流。到19世纪80年代，舆论风向正在转变，这部分要归功于一些评论家（例如于斯曼，但其他大多数支持者在法国之外）的努力，这些评论家对该画派想要达到的目标有所了解。1884年，从原来的印象派圈子产生的一群“独立”艺术家创立了独立艺术家团体（后更名为“协会”），成为他们相互支持的正式基础。

正是通过这个团体，保罗·西涅克（1863—1935）才注意到乔治·修拉（1859—1891）的作品，修拉在该团体的第一次画展上展出了《阿尼埃尔的浴场》（Bathers at Asnières，1883—1884）。这件强烈而令人难忘的作品，以“杰出的平涂笔触，层层涂刷”，引起西涅克的共鸣；他从中认识到了一种“对对比的规律，对亮部、暗部、固有色以及颜色的相互作用等元素的有序分离，以及对它们的适当平衡和比例的理解”，这种理解赋予画布“完美的和谐”。

西涅克正确地推断了修拉的作画过程。修拉说，正是“光谱元素的纯度［构成了］技术的基石……自从拿起画笔的那一刻起，我就一直在这个基础上寻找光学绘画的准则”。修拉在色彩中对纯粹光度的堂吉诃德式（如后来表明的）追寻，使他以最系统的方式试图实现一种在艺术中着色的真正科学的方法；正是这一点使他的作品完全不是真正印象派的。尽管表面上存在相似之处，但修拉的风格是全新的，西涅克不禁为之着迷。

乔治·修拉所受的训练在许多方面是极其传统的。在巴黎高等美术学院，他最初奉安格尔为偶像，不过也受到德拉克洛瓦吸引。也许通过对后者的兴趣，他知道了谢弗勒尔的色彩理论以及夏尔·勃朗对它们的阐述，这启发他将调色板限定于仅包含加色法和减色法原色，即红色、黄色、蓝色和绿色，他只会将之与白色混合。关于修拉如何尝试将这些理论观点应用于在画布上创建色彩，多有论述，但大部分都是误导性的。有一种倾向认为他完全掌握了那个时期的光学物理学，而

事实上，似乎他的理解既粗略又有瑕疵。这些局限注定了修拉没有机会完全成功地实现自己的意图，但他所用材料的缺陷也是一个原因。

修拉意识到色料的减色混合——调和（blending）——不可避免地降低了亮度，因此破坏了在表面上描绘阳光那明亮光辉的努力。于是，他决心在光学上完成自己的混合：通过并排放置点状的互补色，修拉希望它们能在视网膜上实现光学混合，以获得比色料混合更大的亮度。这种效应在奥格登·鲁德的《现代色彩学》中有清晰描述：

> 不同的颜色以线状或点状并排放置，然后相隔适当的距离观看，使得色彩调和或多或少在注视者的眼里实现了。在这些情况下，色调在视网膜上混合，产生新的色彩，与通过旋转圆盘的方法获得的颜色相同。[152]

这就是牛顿在有色粉末实验中观察到的，也是谢弗勒尔从对织线的研究中推断出来的。约翰·拉斯金在《绘画要素》（Elements of Drawing，1857）中描述了同样的现象，并谈到了颜色的调和：通过用干画笔在画布上涂一种颜色，并将少许的另一种颜色“巧妙地插入间隙”，以便制造出“互相交织的颜色小颗粒”。[153]但最吸引修拉的事实是，就在两种互补色调和处前方的观看距离位置上，眼睛隐约看到两种颜色合为一种，并且颜料表面看起来如发光一般闪烁着光泽。修拉相信，这就是艺术家在真正用光作画，捕捉（比如）阳光在草地上的光芒。他自称为一个“印象——光亮派”（impressioniste-luministe），并把自己那以紧密间隔的点绘画的方法称为“光绘法”（peinture optique）。这种方法后来被称为点彩画法。

但是我们并不清楚修拉在画《阿尼埃尔的浴场》时是否读过鲁德，[154]随着他对光学混合理解的深入，这幅作品也在演变。这幅画最初不是用点彩法画的，而是以一种先驱风格，其中短笔触以纵横交错的方式交织在一起。修拉在1887年以更加有力的点彩风格重绘了这幅作品——不过只是在部分区域，这表明他并不认为在贯彻自己的想法时很有必要完全统一。

对于实现“干净”的光学混合，有许多因素是至关重要的。首先，点必须足够小。然而，相比于观看者的距离，修拉似乎并不太关心这个大小问题。在他的杰作《大碗岛的星期天下午》（Sunday Afternoon on the Island of La Grande Jatte，1884—1885）（彩图8.7）中，点状笔触的大小差别很大；有时在物体的边缘处，会通过使点变小对那里进行加强。

此外，通过光学混合实现的效果高度依赖于用来产生它们的颜

色。正如托马斯·杨在试图从三种“原色”的旋转光盘中重新得出白色时发现的，在光谱上不纯的原色将得出灰色而不是白色。考虑到这一点，人们可能料想修拉会担心自己的色料的性质，而不是理所当然地认为19世纪的化学研究为他提供的蓝色、黄色、红色和绿色足以完成任务。然而，修拉似乎既没有不安，也未做进一步调查，满足于使用相当典型的印象派调色板：镉黄，或许有铬橙，朱砂，钴紫，人造群青，天蓝或钴蓝，翠绿或翡翠绿，以及铬绿。

鲁德关于光学混合那定量的、针对特定色料的配方，想必对修拉及其追随者非常有用，只不过鲁德在他的实验中使用了多种旧色料：藤黄、印度黄、红铅、胭脂红色淀、普鲁士蓝。但是我们并不清楚，对这些“原色”色料与他们自己的调色板在光谱上的关键差异，修拉或西涅克是否极为重视。如果两位艺术家从他们的材料中移除的更少，会不会是另外的情形？

然而，这不是让修拉感到失望的理解上的唯一鸿沟。1886年，评论家费利克斯·费内翁对修拉的作品进行了详细的（虽然有些误解的）分析，[155]列出了这位艺术家在对色彩感知所做的贡献中进行的以下区分：

1.固有色：在白光下物体的颜色

2.直接反射光：从表面不加变化地反射的部分光照

3.间接反射光：“穿透表面的色光的微弱部分，在通过部分吸收加以修改之后被反射”

4.邻近物体投射的色彩反射

5.周围的互补色

这是对西涅克的列表更为彻底的系统化，但包含着一些奇怪的想法。修拉仍然拘泥于“固有色”的概念，而莫奈和雷诺阿拒绝了这个概念。固有色对于艺术家来说是极为传统的概念，在修拉的思想中之所以获得分量，是由于鲁德的评论，即被艺术家称为固有色的是物体在白光中的颜色。但是这种颜色只有在白光照明下才有意义，它不是能表明自身从何而来的物体的某种固有属性。换句话说，鲁德的意思是我们感知的色彩主要是直接反射光，只有当光照是纯粹的白光时才变成“固有色”。所以，上面所列的修拉的第一条和第二条实际上是同一回事，只是处在不同的光照条件下。

修拉似乎将“直接反射光”与纯粹的日光等同了起来，这就需要他将某种色彩归于日光本身。他总结说，这种色彩基本上是橙色（“太阳橙”），而勃朗和德拉克洛瓦都曾如此认为；这促使修拉在自己的绿草中加入了橙色的点。

费内翁的评论为修拉希望实现的结果提供了清晰的总结，比这位艺术家自己写出的任何东西都更清晰：

> 一个人所有的……不是有色色料的混合物，而是色光的混合物……已知的是，光学混合物总是比色料混合物亮得多，如鲁德创立的许多亮度方程所显示的。[156]

修拉的不完全理解造成的结果是，他的成对互补色的点容易给人的印象不是亮度的而是灰度的——颇为讽刺地让人回想起谢弗勒尔关于戈布兰挂毯的问题。结果，他的点彩画作品似乎覆盖着珍珠光泽——这不是想要的效果，但肯定是画作能唤起梦幻般感觉的一个原因。然而，对于西涅克来说，这种灰度是严格的点彩画法的失败：

> 点彩画法……只是使画作的表面更为生动，但不保证亮度、色彩强度或和谐。并置时互为盟友、彼此增强的互补色，如果混合，即使是在光学上混合，也会成为敌人，相互毁灭。红色和绿色如果并置会相互激活，但是红点和绿点会形成灰色和无色的聚集体。[157]

1891年，31岁的修拉英年早逝，他关于颜色的“科学”态度的追寻于此戛然而止。1885年第一次看到这种技法的效果时，毕沙罗对从中感受到的可能性极为兴奋，一度热衷于此道。他承认他寻求

> 一种基于科学的现代合成方法，即基于谢弗勒尔提出的色彩理论、麦克斯韦的实验和奥格登·鲁德的测量方法；以光学混合物替代色料混合物，就意味着将色调分解成它们的组成元素，因为光学混合物激起的亮度比混合色料产生的更强。[158]

在这方面，毕沙罗显示出自己是“老”印象派画家中最为开明也最有好奇心的一个——不像他以前的同伴们，他们中的许多人（如莫奈）蔑视点彩画创新。毕沙罗把这个老团体视为“浪漫的印象派”，与“科学印象派”西涅克不同。1886年，费内翁为他们创造了一个新的标签：新印象派。然而，1886年在最后一次印象派团体的画展上参展时，他们被限制在一个单独的房间，《大碗岛的星期天下午》是主要展品。毕沙罗从前的学生——尖刻的保罗·高更，对这个新团体的鄙视尤其不加掩饰，称他们是“堆积小点的小小绿色化学家们”。到1888

年，对于点彩画作品创作时必须经历的费力过程，毕沙罗失去了耐心，这种过程与他自己清新而直接的方法格格不入。他曾给年轻同仁们写过一封信，此信堪称精美雅致的典范，信中他解释称自己将放弃他们那大胆却终归狭隘的方法。

走向抽象

早期印象派画家团体中，可能没有哪一位比保罗·塞尚（1839—1906）受到更多的蔑视；或许并非巧合的是，他也是这个团体中最激进的，并且从长期来看也是最有影响力的。塞尚没有创立流派，相反，215可以说他创立了整个20世纪作为艺术的建设性原则的色彩观念。渐渐地，他的方法，即将平涂的色彩区域分割成棱镜面的镶嵌画，使他进一步远离印象派，远离艺术中主观和短暂的东西，而更接近于捕捉场景的恒常方面。塞尚开始使用建筑意义上的色块来为他看到的东西建立基本结构，即“主题”；这是一种客观现实，没有心理或情绪的干预。1877年，他最后一次与印象派画家共同举办画展；到1904年，塞尚表达的一个看法把自己放在了对立的另一极：“对画家来说，光是不存在的。”

塞尚的调色板显示了广泛的多样性：从强烈、明亮的色调到柔和的土质颜色。他受到谢弗勒尔和夏尔·勃朗关于互补色的著作的影响，但是更多地以色彩关系的形式体现它们，而不是简单地加以并置。对于塞尚来说，调节（modulation）就是口令：他对高色调色料的使用受到更微妙的色相的调节，从而将色块焊接成连贯的整体，实现珍珠般的温暖，而不是印象派那大胆、闪烁的对比。塞尚对新的合成色料的使用节制而谨慎，部分原因在于他小心地避免使用跑色的颜色，还因为他有些令人惊讶地在自己的技法中固守着传统特征。在最新的色料中，只有翠绿在塞尚的作品中占据突出地位；他运用的唯一不太稳定的色料，似乎是铬黄。

这种新旧材料的混合可见于塞尚的《普罗旺斯的山坡》（Hillside in Provence，约1885）（彩图8.8），它是这位艺术家在19世纪80年代的代表作。画中泼洒着亮色，但给人的总体印象是柔和的泥土中强烈的绿色。对于后者，翡翠绿和翠绿都用上了，而橙色和棕色岩石是由与朱砂混合的黄色和赭色土质色料构成的。前景由黄色色淀透明色层赋予了偏黄的绿色色调。阴影中有黑色色料，这本身就是与印象派的裂痕的标志。偶尔的谢弗勒尔式对比，是以柔和的色调描绘的。从这种构图中可以推断，塞尚并不完全像他的印象派同道们

那样，认为新的色料的出现是良机。他是现代最重要的着色师之一，他的构想却并不是技术的产物。

保罗·高更（1848—1903）在19世纪80年代也变得越来越孤立于印象派团体，既是地理上的也是风格上的。他厌倦了印象派总是如此写实地表现自然，禁锢于“表现事物的镣铐”（这已经表明自从19世纪60年代以来，众人的态度发生了多大变化！）。在一篇预见到整个现代主义时代的评论中，他以恳求的口吻说道：“不要从自然中复制太多，艺术是一种抽象。”高更自己的风格，他称之为“综合主义”，突然转向了对于色彩纯粹想象性或象征性的运用。“色彩本身在它给我们的感觉中就是谜一般的。”他写道，“……我们无法按照逻辑使用它，否则会令人费解。”然而，对瓦西里·康定斯基之类极富想象力的艺术家来说，这种趋向抽象的冲动甚至是由“老”印象派揭示出来的。当年轻的康定斯基看到莫奈的《干草垛》（Haystacks）系列于1895年在莫斯科展出时，他看到了纯色作为抽象艺术之基础的未来：它向康定斯基显示了“实物……并非画作不可或缺的要素”。

1891年，高更离开法国去了塔希提岛，吸引他的是对异国情调的偏好，这种趣味与温文尔雅的印象派格格不入。在那里，高更希望在“狂喜、平静和艺术”中生活；除了短暂访问法国，他一直留在热带，直到1903年在马克萨斯群岛去世。他的调色板一如既往地丰富，但对色调的细致运用臻于成熟。对高更来说，互补色的鲜明对比不适用，他也没有回避土质色料：他发现熟赭对描绘橄榄色皮肤的塔希提人是不可缺少的。

高更使用了大多数现代颜料，包括钴蓝、翡翠绿、翠绿、镉黄、铬黄、钴紫，以及一种被称作“查伦蓝”的钴蓝和硫酸钡的混合物，却很少直接从颜料管中应用它们。普鲁士蓝和群青是高更通常不混合使用的仅有的两种颜色，替代了他基本上避免使用的黑色。但在偏远的塔希提岛，他苦于材料的匮乏，很受挫败。在1902年写给画商（也是他的材料供应商）安布罗斯·沃拉尔的信中，高更说出了自己的困境：

> 我打开了你的盒子。画布和胶料——完美。日本纸——完美。但是颜料！！！……你以为我用这六管白色和绿土色能干什么，况且我还很少用它们？只剩一小管胭脂红色淀了。你必须立即送来二十管白色、四大管胭脂红色淀……[159]

……以及现代调色板上的其他颜料。作为画布的替代，高更常常使用未涂底子的粗麻布和普通麻布——不仅是为了省钱，也是因为他似乎喜欢那粗糙的肌理。

高更的综合主义被他描述为“艺术的统一，和谐的构图，观念的内在统一，形式与色彩的理解和连贯”，这种观念渗透于自称为纳比派的法国画家们身上，包括莫里斯·丹尼斯、爱德华·维亚尔、保罗·塞律西埃、克尔·格扎维埃·鲁塞尔、皮埃尔·勃纳尔等人。由对色彩富有表现力的运用所激励，纳比派的形成围绕着塞律西埃在一个雪茄盒盒盖上绘制的一小幅作品，该作品被戏称为《护身符》（The Talisman）（彩图8.9）。在法国蓬塔旺附近的布瓦达默，塞律西埃在高更的指导下创造了这一彩色景观。更年长的那位给出的建议据称是沿着下面这些对话展开的：

高更：“你怎么看待那棵树的颜色？”

塞律西埃：“黄色。”

“好，使用你最好的黄色。你怎么看泥土的颜色？”

“红色。”

“那就用你最好的红色。”[160]

纳比派这个团体在精神上近于野兽派，它存在的时间很短——到1900年时已精疲力竭。但高更的影响范围远为广阔，持续时间也长得多。

文森特·梵高（1853—1890）是另一个从印象派运动中崭露头角的偶像破坏者，在世纪末到来之际为一种新的绘画铺平了道路。梵高生于荷兰，1886年前往巴黎与弟弟提奥一起生活，弟弟向他描述了印象派创造的新风格。通过研究德拉克洛瓦的作品，梵高对同时对比及互补色的效果产生了兴趣；不过，他的调色板最初相当柔和。在看到印象派所使用的大胆、原始的色彩后，他的艺术风格转变了。不过梵高后来声称，自己的创作“受到德拉克洛瓦而不是［印象派］观念的滋养”；他走了与高更相同的路径，在运用颜色时极为自由、充满联想：“我不是试图精确复制眼前的东西，而是更为随意地运用颜色，来强有力地表达自己。”

在所有的西方艺术中，几乎没有任何色彩表现比梵高《夜间咖啡馆》（The Night Café，1888）（彩图8.10）这类画作中的更为强烈，这幅画是红、绿两种互补色沐浴在酸性黄光下形成的一个纯粹噩梦。“我试图用红色和绿色来表达人类的可怕激情。”他告诉提奥，“画中到处都是完全不同的红色和绿色的冲突与对比。”除了19世纪的绿色、黄色和橙色，还有什么颜色能对抗这些“血红色”的墙壁吗？ 事实

上，这幅画作告诉我们的正是红色受到了多大的挑战，因为只有红色到19世纪末的时候还没有得到实质性的更新。

和塞尚一样，梵高也没有培养起追随者。但他用色彩表达的痛苦尖叫和令人眩晕的能量，为挪威人爱德华·蒙克（1863—1944）和德国表现主义提供了表达方式。如果说亨利·马蒂斯使色彩成为快乐和幸福的物质，高更把它显示为神秘的、形而上的媒介，梵高则把色彩表现为恐惧和绝望。蒙克在关于《呐喊》（The Scream，1893）的评论中称，“我……把云画得如真正的血一般。色彩在呐喊”；这呼应了梵高对《夜间咖啡馆》的乐观评论：他解释说，“在这个地方，人可以毁灭自己，发疯，或者犯罪”。

梵高的咖啡馆是由颜料厚厚地堆积而成的，太容易被解读为画笔和调色刀那野性、疯狂、不受约束的笔触的产物。但是，梵高在给弟弟的一封信中揭示了另一个动机：

> 在印象派的倡导下大量使用的所有色彩都是不稳定的，因此更有理由不去担心在涂抹它们的时候过于粗糙——时间会使它们变得温和。

事实上，他的材料订单显示出对市场上一些最易跑色的颜色的偏好；很明显，梵高既非不知道这一点，也不是因为陷入疯狂而无暇顾及。相反，人们几乎怀有这样的印象，即梵高主要关注的不是长期保存，而只是把这些炫目的想象从脑子里拿出来。

很显然，这个脑子被病态的黄色点燃了，此即他的咖啡馆灯光的“柠檬黄”，也是他在阿尔勒感受到的硫黄黄。在《播种者》（The Sower，1888）中，它是太阳的悲愁光辉的黄色，这个球体没有提供温暖或舒适，却隐约地像一个病态的、炽热的月亮。

然而，各种色彩都以不寻常的强度冲击着梵高。他坚持认为，“颜色本身就表达着一些东西，没有它就无法作画，不得不用；那很美，是真美——也是正确的”。他的每一个想象都能在画家有可能使用的纯色相中见到：

> 深蓝色的天空点缀着蓝色的云，一些云的蓝色比高密度的钴固有的蓝色还要深，其他云的蓝色更为清晰，像银河的蓝白色……海是极深的群青——就我所见，海岸是一种蓝紫色和微微的黄褐色，而在沙丘上……是一些普鲁士蓝的灌木。[161]

所有这一切让人忍不住假定，梵高仅仅依靠本能在创作。然而，

他对色彩的处理，尽管有明显的怪异之处，却是有条理的。他给弟弟提奥的信以及信中写到的购买颜料的交代，都表明这位画家在尽力获得正确的颜色组合。他对色彩理论有浓厚的兴趣，并且通晓谢弗勒尔的同时对比规律。对梵高来说，黑色和白色也是色彩，并且像红色和绿色、蓝色和橙色一样互补。这是心理学家埃瓦尔德·黑林在19世纪70年代提倡的一个观念。

梵高清楚地表明，他之所以能够将灵感转移到画布上，新材料是如何必不可少：

> 我有新的想法，也有新的方式来表达我想要的东西，因为更好的画笔会帮助我；我为那两种颜色——胭脂红[162]和钴而疯狂。钴是一种神圣的颜色，对于布置周围气氛而言，没有什么有它那么美。胭脂红是葡萄酒的红，也像葡萄酒那样温暖和轻快。翡翠绿也是如此。不使用这些颜色就是没有经济头脑，镉也是如此。[163]

然而，“人类的可怕激情”肯定在文森特·梵高的内心世界涌动着。当友善的毕沙罗在巴黎第一次见到他时，就断定这个荷兰人“要么会走向疯狂，要么会把印象派远远地甩在身后”。最终，这两点梵高都做到了：他从来没有真正地从自己在1888年（在这一年他攻击了保罗·高更）的崩溃中恢复过来；尽管毕沙罗努力想为这个精神失常的年轻人找个好医生，他还是于1890年在法国瓦兹河畔的欧韦自杀了。“他安息了，”提奥在给妻子的信中写道，“在玉米地里一处阳光明媚的地方。”

第九章 对紫色的激情——染料，以及颜料的工业化

谁没有听说过推罗的贝壳如何

包裹着蓝色，这染料中的染料，

只需一滴就能创造奇迹，

像阿斯塔蒂[164]的眼睛那样？

为商人卖的生丝着色？

——罗伯特·布朗宁

老派炼金术士们日日夜夜寻找金子，却从来没有找到善用魔力的普罗透斯[165]，虽然他们在所有的气体和所有的金属中追逐他。实际上，如果他们找到了，我们很怀疑这样的发现是否像珀金斯［原文如此］的紫色那样有用……一项有利于贸易的发现对于一个人来说比找到一座金矿更好。

——《一年四季》（1859年9月）

“紫色是魔石。”散文家亚历山大·泰鲁说；当推罗紫这种最珍贵的古老染料比黄金本身价值更高时，谁又能怀疑这句话？在公元3世纪，一磅染了紫色的羊毛价值是面包师年工资的三倍左右。

这种古老紫色的巨大价值，以及它与皇室和身居高位者的关联，已经成为传奇故事。并非巧合的是，当第一种合成的锦葵紫染料在19世纪中叶出现在市场上时，它是以推罗紫这一取巧（且完全不准确的）的名字出售的。

然而，现在很难知道这些传说为自身赋予了怎样的意味。“紫色”是古代流动的色彩概念，古代的染料涵盖的颜料范围从偏蓝色到深红色，取决于其制备方式和固着于布料上的方式。

通常与紫色相关的希腊词是porphyra，其拉丁语形式为purpura。但是在整个古代和中世纪，purpura也可以指暗红或绯红的暗部；事实上，紫色也充满着与血的关联。普林尼说："这种推罗色作为凝固的血的颜色时最受欢迎，它经反射而变暗，经透射的光而变得鲜明。"公元3世纪，罗马法学家乌尔比安对紫色的定义是：除了由胭脂红染料着色外的所有红色材料。

染料的故事中充斥着这种血红色，无论是绯红色、猩红色还是真正紫色那偏向蓝色的光泽。这些染料中没有蓝紫色，也没有淡色或灰色。不，最受珍视的染料都是大胆、刺目的颜色；在令人眼花缭乱的可见度比伪装的朦胧更受欢迎的时代，人们可以合理地称之为尚武的颜色。自然提供的这些绯红色，比其他任何同等亮度和饱和度的颜色都更为丰富，王侯们长期为它们当中的上品耗费钱财。

不同寻常的是，出于偶然而不是经由筹划，现代染料时代发轫于一种紫色，这种紫色能比肩古代最负盛名的染料。19世纪关于染料颜色的化学研究成果丰硕，它带来的影响比其对色料制造的影响更加显著也更为有力，并且效果更为深远。合成染料不久就出现在艺术家的画布上，但是催生了巨大的全球产业的，却在于它们侵入了城市街道的时尚。在本章中，我们将明确看到颜料对化学的影响，一如我们将看到的化学对颜料的影响。

在羊毛中染色

普林尼毫不怀疑真正紫色的优点，这些优点要归功于腓尼基城市推罗：

> 那种珍贵的颜色，闪耀着深色玫瑰的色相……正是为获取这种紫色，罗马的束棒和战斧清出了一条路。它是高贵青[166]年的徽章；它将元老院议员与骑士区分开来；它被召唤来安抚诸神。它使每件衣装变亮，并与黄金共享胜利的荣耀。出于这些原因，我们必须原谅对紫色的疯狂欲望……[167]

公元前1600年前后，腓尼基人从克里特岛勇敢地向外挺进。根据一种说法，这次外出是由对染色的热爱激起的，为了染色，腓尼基人曾使用来自陈旧尿液的氨水；这项令人厌恶的营业让腓尼基的染匠不受上流社会待见。在雅典，由于这个原因，染料店被转移到城市最边缘的地方，即使他们的紫色受到尊崇。

人们已经知道，从公元前15世纪开始，小亚细亚地区就在制造推罗紫。希腊人从腓尼基人那里学到这项艺术；荷马的《伊利亚特》和维吉尔的《埃涅阿斯纪》提到了用推罗紫染色的服装。染料是从原产于地中海的两种贝类中提取的，拉丁语称它们为buccinum［蛾螺，即Thais haemastoma（地中海岩螺）］和purpura［荔枝螺，即Murex brandaris（染料骨螺）］。根据乔治·菲尔德的说法，希腊传说认为，推罗紫是由赫拉克勒斯发现的，他看到自己的狗嘴巴上染了紫色，便归因于狗刚刚吃过的贝类。其他传说声称，这条狗的主人是腓尼基人的神麦尔卡特。

着色剂在软体动物头部附近被称为“花”的腺体中产生，该腺体中含有透明液体。这种液体的提取，或者通过打碎壳体，或者通过在压机中加以挤压。暴露于阳光和空气时，液体开始由发白的颜色转变成浅黄色、绿色、蓝色，最终成为紫色。很难想象，这个颜色序列的炼金术意义会引起极大的兴趣。

亚里士多德在《动物志》（Historia Animalium）中描述了提取过程：

> 该动物的“花腺”位于准肝脏和颈部之间，这些部位彼此附着得相当紧密。从颜色上看，它像一个白色的膜，这就是人们要提取的；如果被取走或被挤压，它会用花的颜色弄脏你的手……人们把小的样品打碎，包括贝壳和所有东西，因为提取器官不是件容易的事；但在处理较大的样品时，他们首先把壳剥掉，然后再取走花腺。[168]

每个贝类只产生一滴染料，这就是此物如此极度珍贵、腓尼基人口中有相当一部分投身于制取它的原因。一盎司的染料需要牺牲掉约25万只贝类动物。至今，腓尼基人的壳堆仍然杂乱地分布于地中海的东岸。

这些提取物中最受珍视的色调，是通过混合来自两个物种的液体产生的。骨螺（Murex）的染料本身色彩明亮，而罗马人想要的色相是带有黑色的。普林尼在《博物志》中描述了这一过程：

> 蛾螺染料被认为不适合单独使用，因为它给出的颜色都会褪色；不过，它能由荔枝螺完美地固着，并且能为后者的黑色色相赋予时兴的朴素和近于绯红色的光泽。这种推罗色的获取方式是，首先将羊毛浸入一大桶未加热的荔枝螺提取物中，然后将其转移到某种蛾螺染料中。[169]

在共和时期的罗马，这种壮丽的颜色严格地保留给身居高位者。紫色和金色的长袍只能由胜利的将军穿着，而正在作战的将军有权穿纯紫色长袍。元老院议员、执政官和裁判官的托加袍边缘允许有紫色的宽条，骑士和其他同级别的人穿着窄条。在帝制时代的罗马，限制更为严格：到公元4世纪时，只有皇帝本人能穿“真正的紫色”，并且任何拥有用这种“皇家”染料（甚至是其廉价仿制品）染色的布匹的人都会受到重罚。［斯德哥尔摩纸莎草纸中包含了三种模仿紫色染料的配方。］瓦伦提尼安二世、狄奥多西和阿卡狄乌斯统治时期，在皇家染厂之外制造推罗紫可以被处死。

与皇家的这些关联稳定了这种颜色的价格，甚至在它不再附着于染料之后。一种无机紫色材料的镶嵌石头，在6世纪拉文纳的圣维塔莱教堂中用于皇帝查士丁尼一世的长袍；在同一幅镶嵌画中，皇后狄奥多拉的那些袍子是以金色镶边的紫色。到这个时期，拜占庭的皇帝们被视为基督在地球上的代表，将皇家的颜色转移给基督本人是很自然的：圣维塔莱的镶嵌画显示的耶稣穿着一件紫色的宽大外衣。在后来几个世纪中，红色、绯红和偏紫的群青在基督长袍上的使用，从与推罗紫的联系中获得了正当性。

但是，当君士坦丁堡于1453年落入土耳其人之手后，制作紫色的方法在存世数百年后从西方世界失传了。尽管有古典学者的描述，该方法在此后的几个世纪中仍然是一个谜，直到法国动物学家费利克斯·亨利·德·拉卡兹——迪捷斯在1856年重新发现了它——对紫色来说这是吉祥的一年，如后来的事实所证明的。这位法国人看见一个地中海渔夫用黄色图案标记他的衬衫，图案用的是蛾螺属贝类动物；后来，图案在阳光下变成紫红色。然而，直到1909年，奥地利化学家P. 弗里德伦德尔才推断出其着色剂分子的全部化学性质，并发现它几乎与蓝色靛蓝相同。

化学表亲

谁会想到，印度土生土长的豆科植物竟会与地中海的贝类动物有什么关联？然而，产生皇家荔枝螺的有机化合物不同于木蓝属（Indigofera）植物的蓝色提取物之处仅在于，它在氢位于靛蓝中时，拥有一对溴原子。我们完全不清楚，为什么贝类动物会产生一种与植物中发现的复杂物质如此接近的变体（化学家会说是衍生物）。

罗马作家维特鲁威在公元1世纪提到了靛蓝，这是西方第一次提

到染料。普林尼说，靛蓝的价值仅次于推罗紫，并暗示了它那浓郁、暗沉的色调与这种皇家颜色之间的亲缘关系：

> 靛蓝……来自印度，在那里它作为泥浆粘在芦苇的泡沫上。以这种方式分离时，靛蓝是黑色的；然而，在稀释时，它会产生介于蓝色和紫色之间的美丽颜色。第二种靛蓝漂浮在紫色染坊的大桶上，这是紫色产生的泡沫。[170]

这“第二种”，可能是推罗紫本身在光诱导下，通过失去溴降解为靛蓝的结果。靛蓝似乎不是被罗马人用作染料，而是作为涂料的色料——被用于罗马军队的游行盾牌。与大多数天然有机染料不同，靛蓝可以以纯粹的粉末形式作为色料使用，而不是必须作为色淀来构成。

使用靛蓝作为染料需要一些化学上的精细技巧，因为它不易附着在羊毛上。它必须首先用所谓的还原剂处理，还原剂将其转化为无色、可溶的形式，叫作靛白或“无色靛蓝”。人们只能猜测，是什么给了古代染匠那样的信心，使他们对这种不起眼的材料锲而不舍，毕竟它只能以无色形式被羊毛纤维吸收——不过随后在暴露于空气时会变回浓郁的蓝色。“想想原始化学家们在这里感受到的存在主义的痛苦，”化学家罗尔德·霍夫曼说，“费了那么大劲获得了有色的染料，然后眼睁睁看着它的颜色消失，盼望着，盼着它会回来。”

尽管存在这些复杂的情形，靛蓝染色似乎非常古老。据推测，它存在于公元前3000年前后底比斯的一件长袍上；从约公元前2400年起，它为埃及木乃伊缠带提供边缘处的条纹，并被认为至少从公元前2000年起就在印度使用。以色列人使用了一种蓝色染料，似乎是靛蓝及其用溴加以冲淡的表亲二溴靛蓝的混合物，即推罗紫。希伯来人的上帝指示摩西，他的人民应该穿着带有缘饰的服装，缘饰的其中一股绳线染成名为tekhelet的蓝色。这种染料是从环带骨螺（Trunculariopsis trunculus）制备的。该物种中的雄性分泌靛蓝本身，雌性释放二溴靛蓝。但是，在公元8世纪，制造tekhelet的秘密在犹太传统中失传了，正统犹太人的祷告披肩中的绳线从此便没有颜色。霍夫曼提出了一个有趣的问题，即其中真伪现在是应该根据化学成分还是制备方法来判断。在19世纪，这是一个困扰着许多染匠的问题，当时其他天然染料是合成的。

靛蓝分子也是被称为菘蓝的染料中的蓝色着色剂，菘蓝是遍布于欧洲和亚洲的植物欧洲菘蓝（Isatis tinctoria）的提取物。菘蓝在北欧曾被广泛用作染料，直到17世纪开始，被从印度进口的靛蓝取代为止。人所共知的是，凯尔特人正是用这种物质装饰自己来面对罗马军团，正如尤利乌斯·恺撒所记录的：“所有的布立吞人都用菘蓝把自己

染成蓝色，以便在战斗中让外貌显得更为可怕。”[171]

尽管这种着色剂具有如此化学特性，菘蓝还是被视为与靛蓝不同的染料。普林尼称它为glastum，派生自凯尔特语词glas，意思是“蓝色”。和靛蓝一样，菘蓝染料是通过发酵从其来源植物中提取的。斯德哥尔摩纸莎草纸中的一份配方规定，把该植物经太阳照射发热后浸泡在尿液中，每天踩踏，持续三天。要是有谁认为自然染色是一个温和、良性的过程，当他发现菘蓝染色具有如此破坏性且令人不快时，他一定会感到震惊。发酵释放大量的氨，这也许是有毒“工业”排放最早的例子之一。而菘蓝植物作为一种极耗营养的物种，消耗了它生长的土壤。因此，菘蓝的种植者偏爱迁移，把疲惫的不毛荒地留在身后。中世纪欧洲通过了法律来遏制这种破坏行为。

靛染工艺是经过极为慎重的考虑后传入西方的：到了16世纪，波斯人和亚洲人着色技术的优越性得到广泛承认。英国探险家理查德·哈克卢特以典型的沙文主义口吻评论道：

> 英格兰有世界上最好的羊毛和布料，而王国的布匹不加入好的染料就没有好的销路，因此殷切盼望能看到国外的染色工艺，以便这项工艺可以被引入王国，且是以最卓越的水平。[172]

为此目的，他派遣染色大师摩根·哈布尔桑前往波斯，并嘱咐他：“必须非常仔细地了解将要经过的所有国家的材料，只要它们有可能用于染色，不论是药材、杂草、树皮、树胶、泥土，还是其他什么。”[173]

适当的时机到来时，靛蓝开始向西方传输，随之而来的是进口商和本土的菘蓝种植者之间的争斗。事实是，靛蓝尽管作为着色剂是相同的，却是更好的染料。然而，无论是由于在处理时经验不足，还是纯粹出于恶意的谣言，流传的说法是它不可信赖：在17世纪的德国，靛蓝被谴责为“有害、欺骗、令人心烦和具有腐蚀性”。纽伦堡的染匠甚至在18世纪末还不得不宣誓，称不会使用它——不过到那时很大程度上只是一种形式，因为靛蓝已经在整个欧洲使菘蓝黯然失色。

猩红热

群青蓝是中世纪画家最珍视的色料，但最上等的布匹还是会被染成深红色。这将解释中世纪晚期一些画作中的色彩象征主义，这种象征主义似乎与色料本身的价值无关。在萨塞塔的《圣弗朗西斯放弃遗

产》（St Francis Renouncing His Heritage，1437）中，放弃行为被表现为把一件珍贵的红色长袍抛到一边。而扬·凡·艾克的《圣母与洛林大臣》（The Virgin with Chancellor Rolin）（彩图9.1）中，圣母那辉煌的绯红色褶裥，与中世纪早期绘画中的群青色服装形成对比；另一方面，由于紫色色调，它又与最珍贵的古代染料产生了关联。

猩红色或绯红色布料通常以昆虫提取物胭脂虫红来染色，这是胭脂红色淀色料的着色剂。15世纪佛罗伦萨的一本染匠手册，把这种浓郁的红色称为“我们所拥有的第一种，也是最高级的，同时也是最重要的颜色”。然而，对于确定织物价值的是布料的质量还是颜色的质量，还不够明确，因为两者可能变得难以区分。猩红色今天是绯红色的近义词，但在11世纪，它指的是一种色相未明的布。中世纪早期德国的猩红是一种特别精细的羊毛布，这种布可能被染成几乎任何颜色，从黑色到蓝色，再到绿色。然而不可避免的是，有价值的纺织品倾向于吸引有价值的染料——为什么不用其中一个来为另一个染色，而白白浪费呢？所以优质的猩红色布最经常用胭脂虫红染色。14世纪之前，“猩红色”表示的是染料；不久以后它成了一个表示颜色的词。

对于略带紫色的染料，相同的转变以相反的方向发生。在10世纪的西班牙，purpura渐渐表示一种丝织物，在随后的几个世纪中，“紫色”布可以是几乎任何颜色。这显示了关于颜色及其用途的观念与体现它们的材料之间的联系是多么密切。正如我们在靛蓝——既是螺也是豆科植物的提取物中看到的，即使以材料来为颜色命名，只要有色物质的基本化学成分保持神秘，其正当性便很有限。在19世纪，染料的制造和使用过程中的这种身份问题，将前所未有地受到严格审视。即使是自然和人为之间的区别也即将消失，代替它们的是一个体系，其中着色剂完全由化学家的密码来定义。

对颜色的公共趣味

在帝制时代的罗马，人们可以通过皇家法令来控制颜色的应用和需求。到19世纪中叶，纺织工业中的颜色使用有了一个新的决定因素：时尚。一旦新兴的工业革命创造出了繁荣的中产阶级，这个过程就开始说服欧洲的民众（特别是妇女），让他们相信正确选择服饰是极端重要的。和今天一样，织物制造商以一重幻象取悦消费者，让后者认为自己是时尚的制造者，而不是受害者。1857年，苏格兰染匠约翰·普拉尔向颜色化学家威廉·珀金兴奋地讲述着为珀金的新染料赢得“社会中无所不能的阶层，即女性”的青睐的前景。“一旦她们为之疯

狂，而你又能够满足需求，”他向年轻人保证，“你的名声和财富就跑不掉了。”

这并不是夸张。纺织业，特别是棉花制造业，是工业革命中最重要的一个领域。主要依靠纺织业，英国才有了1850年之前的工业霸权，而该行业的阵痛也是造成英国随后经济衰退的核心因素。英国纺织工业总部位于北部城市曼彻斯特和格拉斯哥，它的基础在于棉布服装生产和廉价棉布印花。纺纱技术的进步经常被强调为工业化背后的主要因素，但是棉布印花事实上可能是棉花产业的支柱。羊毛和丝绸产品走向了更精致（虽然利润仍然相当丰厚）的市场——法国里昂工业领域的辉煌就依赖于其丝绸工厂。米卢斯和鲁昂是法国纺织业的另外两个主要中心。但在巴黎，当然，面对着高级时装（hautecouture）元老的无情凝视，新的染料或者挺立，或者跌倒。在该世纪初期，英国和法国拥有欧洲最强大的纺织工业；德国、荷兰和瑞士位于第二阵营。

染色这一行业到中世纪晚期已牢固确立，并受行会管制。但它的发展路径在17世纪发生了分化。此时流行将染色的图案应用于纺织品上，这给染匠带来了相当大的挑战，他们那时还不能简单地把整块布浸泡在染料中。菘蓝和靛蓝在织物上能形成图案，是使用了“防染材料”——遮蔽留白区域并在随后移除的糊剂和蜡。这种“蓝色印花”似乎大约自17世纪20年代起在欧洲被采用。另一种备选方法是模版印花，在西班牙和意大利至少从13世纪起就开始应用。大约在1500年，图书印刷商开始使用雕刻的铜版代替木版，纺织印花商也迅速跟进。由于纺织品的模版印花是用油性颜料和油墨而不是染料进行的，并且由于印花布通常是用刷子手工修整的，该操作流程通常被视为绘画和印刷行业的分支，而不是染色的分支。

当新的纺织品图案装饰方法在17世纪70年代从印度引入欧洲时，这种分工得到了加强。印度人研制了制作不褪色图案的配方，这种图案耐洗、防晒。其中要用到媒染剂：使染料能够黏附到织物的丝线上并在洗涤时牢牢握紧的固定剂。媒染剂在织物丝线中的化合物和染料中的化合物之间建立了联系。早期的染匠往往是通过试错发现正确的媒染剂——为什么一种物质有效而另一种物质无效，其中没有明显的道理。许多媒染剂是含金属的盐，但是某些有机物质，例如白蛋白（血液提取物）或来自牛奶的酪蛋白，也是有效的。

在引入印度图案装饰法之前，欧洲已经认识到媒染剂的重要性；但印度染匠完善了将媒染与多色图案装饰相结合的技术。从印度进口的印花纺织品，根据它们的印地语名字chint，在英语中被称为chintz（印度印花布），通常用茜草红来染色。当欧洲染匠开始使用

印度技术时，用靛蓝工作的“蓝色印花工”与用茜草工作的印度印花布制造商之间，便产生了分裂。蓝色印花工有时发现自己与染匠行会关系紧张，后者认为只有自己有权将靛蓝应用于织物。与墨水和油性颜料印花工联合的红色印度印花布制造商，则较少引起这个团体的抱怨。

以颜色为业

从其天然来源提取染料并将其固着于纺织品中，越来越需要化学专业知识。在整个18世纪后期，染料制造商越来越意识到从专业化学家那里寻求意见的好处，例如在新媒染剂开发这类问题上。化学技术可以服务纺织工业这一点，在1766年被苏格兰化学家威廉·卡伦突显出来：

> 石匠想要水泥吗？染匠是否想要一种方法，为布料染上特定的颜色？或者，漂白工人是否想要释放所有颜色的手段？能提供这一切的，必然是化学哲学家。[174]

当然，西奥菲勒斯在12世纪就炼金术想必会有几乎相同的说法。但是对卡伦的时代和接下来的那个世纪来说极为特别的是，既出现了对自然的有机和无机物质进行复杂修改的手段，又出现了对应用化学家工作内容的理论认识。

19世纪初的所有主要染料公司都聘用专业着色师，即同时精通化学理论、颜色制备的应用化学和纺织品行业实践的人。我们可以追溯他们的起源，不是追溯到18世纪初的染匠，而是追溯到画家、绘图员、设计师和印花工的行会。在17世纪初，化学家在染匠行业中扮演的重要角色很难察觉。一点不假，伦敦的皇家学会于1664年任命了一个委员会（其中包括罗伯特·波义耳），研究在织物上进行不褪色印花的方法。18世纪早期的化学家，例如格奥尔格·恩斯特·施塔尔和皮埃尔——约瑟夫·马盖就曾声称，如果不谙熟化学，就不可能进行染色。但是，染色可以通过对传统智慧死记硬背般的传承，以竞争的方式沿着中世纪工艺的方向进行——这种观念直到接近该世纪中期某些技术创新出现时才受到严重挑战。

这些创新行为中，最重要的是在18世纪30年代引入“英国蓝”工序，它在英国被称为“铅笔蓝”。该工序使得靛蓝被直接从金属版印到布料上。以前，由于靛染的传统媒染方法与印刷技术不兼容，必须掩

盖住将要留白的区域。通过在大桶中添加雌黄的权宜之计，这个问题在英国蓝工序中被克服了。1764年，此方法与机械创新相结合，使英国蓝印花工艺能够使用木版而不是印版（plates）。在此工序中，化学方面的训练是掌控染料和媒染剂的复杂混合物的先决条件。

此外，1752年，爱尔兰的弗朗西斯·尼克松为媒染剂发明了一种增稠剂，使其能够留在印版上；从此以后，红色茜草染料直接通过金属版印花成为可能。这些创新实现了多色纺织品印花，很快四色（红——蓝——黄——绿）印花在整个欧洲就变得相当平常了。

漂白剂的发展进一步突出了化学的重要性。18世纪初，纺织品是用硫酸漂白的，这对织物几乎没有益处。法国化学家克劳德——路易·贝托莱在18世纪80年代表明，卡尔·舍勒发现的氯显示出漂白能力，且没有酸的腐蚀性后果。

染料制造商往往发现他们的化学家名列画家行会的成员之间——因为印度印花布印花与此行会，而不是与染匠行会之间的联合会，已经建立了一个色彩专家库，这个专家库不仅熟悉艺术家的需要，而且熟悉纺织品制造和印花的需求。这些人要做的，就是确保专业化学和颜色技术之间紧密联系起来。

在1766年前后写下的文字中，在巴塞尔开展业务的棉布印花商让·赖讷声称，一个好的着色师应该对化学，对色彩的组成以及纺织印花的具体实用性，都具有良好的认识。（他还继续声称，这样的人目前还不存在，显然暗示他自己作为工厂经理的位置不可或缺。）赖讷还指出了一个单独类别的着色师——流动的“秘术师”，从一个工厂到另一个工厂，兜售他们制造颜色的秘密。因此，中世纪的秘术观念——严密守卫的奇异秘密——显然仍在盛行。赖讷说，这样的人对行业是一种危险；但在新的工业时代，他们注定无法长期存在。到18世纪晚期，大多数着色师被一家公司一雇用就是许多年。而在19世纪中叶，纺织品印花厂的着色师职业被视为训练有素的化学家最重要的从业选择之一。

黑魔法

化学和染色行业之间初步联合结出的第一批果实之一，是一种被称为苦味酸的黄色染料。在18世纪晚期发现的这种有机化合物，可以通过用硝酸处理苯酚来制备。苦味酸是从19世纪40年代起作为染料开

始制造的，当时发现了一种从煤焦油中制作苯酚的方法，煤焦油是为煤气照明提供燃料的煤气工厂的副产品。从这种不吸引人的黏性黑色残余物中制备苦味酸，的确是从低级物质中提取“黄金”的一种情形。

随着煤气照明在19世纪30年代受到欢迎，人们很有兴趣寻找方法将其焦油残留物转化为有用的东西。正是这个非常实际的问题，在19世纪40年代引起了德国化学家奥古斯特·威廉·霍夫曼的注意。霍夫曼先是于19世纪30年代末在吉森师从尤斯图斯·冯·李比希研究煤焦油，后于1845年来到伦敦担任皇家化学学院的首任院长。

在这里霍夫曼和他的学生发现，煤焦油的蒸馏会产生各种不同的碳氢化合物，包括苯、二甲苯、甲苯、萘和蒽。所有这些化合物都有强烈的气味（“芳香族”），并且相对于在原油中发现的石蜡化合物如甲烷、乙烷、丙烷和丁烷，都具有高得出奇的碳氢比。霍夫曼的学生查尔斯·曼斯菲尔德，设计了将这些刺激性化合物从乱糟糟的黑色物质中分离出来的工序，并于1848年获得了该工序的专利——由此看来，商业上的前景并没有被忽视。

苯酚（也称为石炭酸）是一种具有消毒功能的酸性物质。最初，它是由化学家兼实业家弗雷德里克·格拉斯·卡尔弗特于1847年在英国开发的商业煤焦油产品。从19世纪50年代开始，苯酚被用于肥皂、污水处理以及作为医院的消毒剂。苯与密切相关的化合物甲苯和二甲苯可用作溶剂，例如在新发明的干洗方法中。显然，煤焦油产品有市场需求。

苦味酸的亮黄色结晶提供了第一个迹象，表明煤焦油中的芳香族物质可能成为色彩醒目的化合物的原料。丝绸容易吸收苦味酸的番红色相，1845年，里昂的丝绸染色商吉农＆马尔奈公司开始使用这种染料。四年后，他们以工业规模制造这种染料；1851年，公司的黄色丝绸自豪地在伦敦的世界博览会上展出。

19世纪中叶，英国和法国是欧洲伟大的染料中心，一国的创新不可避免地会被对手国家复制。格拉斯·卡尔弗特在1849年开始制造苦味酸，而在1855年，路易·拉法尔公司成立了一家工厂，致力于在里昂附近进行苦味酸的合成。同一年，吉农工厂发现了一种将苦味酸应用于羊毛的方法。然而，该染料具有严重的缺陷，注定不会被长期应用。首先，它很难牢固地附着到棉纤维上，这就阻碍了其应用于棉布印花——而真正的财源就在这里。不过，最后终结其命运的，是耐光性差。到1863年，苦味酸已经失宠，虽然其变化形式此后又被制造了许多年。

紫色年代

19世纪中期另一种短命的合成染料是被称为骨螺紫的紫色染料，它是由从秘鲁海鸟粪中提取的尿酸合成的。这些凝固的鸟粪的大量沉积物富含尿素和尿酸，从1835年开始被挖掘并出口到欧洲。在英国，骨螺紫也作为“罗马紫”售卖，企图从与这种传奇的古代染料的关联中借势。事实上，甚至在19世纪50年代就有人（相当错误地）断言，骨螺紫在化学上与推罗紫完全相同——到这个十年结束时，推罗紫的秘密被重新发现，令巴黎为之兴奋，却没有带来商业利益。

也许是这种营销伎俩起了作用，敏于时尚的人在该世纪中叶营造出对紫色的偏好。这种合成色的一个替代品是所谓的法国紫——某些欧洲地衣的一种浓郁的、不太褪色的天然提取物。该物质与中世纪染匠的染色巴豆相关，也与用作酸度指示剂的石蕊提取物相关，根据固色剂的不同，它的色相可以是从蓝色到红色不等。但是，需求量最大的是强烈的紫色形式，染匠詹姆斯·内皮尔于1853年评论说：“如果这种颜色能够获得耐久性，并固定在棉花上，其价值将不可估量。”它可以在没有媒染剂的情形下应用于丝绸和羊毛，而19世纪50年代后期发现的棉花的适当媒染工序，引起了对法国紫的极大热情。它在法国也被称为“锦葵紫”［mauve，来自“锦葵”（mallow）一词］，到1857年这个词在英国已经成为颜色词，而不是染料的识别符号。锦葵紫成为高级时装的颜色；19世纪50年代末和60年代初构成了“锦葵紫十年”。在阿瑟·休斯的《四月之爱》（April Love，1856）（彩图9.2）中，紫色织物的华丽条纹占据着主导地位，那是对这种颜色的赞歌。

弗雷德里克·格拉斯·卡尔弗特堪堪错过了对锦葵紫运动做出决定性贡献的机会。他是首批看到化学（特别是应用于煤焦油产品时）可能打开合成染料的新世界的人之一，1854年他试验了另一种煤焦油提取物：苯胺（aniline）。该化合物可能与着色剂密切相关——暗示这一点的是其作为靛蓝的提取物的外观。这个名字本身来自靛蓝的葡萄牙语词anil，后者又来自阿拉伯语an-nil，是对梵语中表示“深蓝”的nila一词的转用。

格拉斯·卡尔弗特记述称，当苯胺用氧化剂处理时（氧化剂将含氧化学基团引入化合物中），会产生紫色和红色染料，它们可以固着在恰当媒染的丝、羊毛和棉上。在使用漂白粉末来氧化苯胺时，格拉斯哥的染匠兼化学家亚历山大·哈维获得了类似的结果。不过，由于从茜草提取物中已经可以获得浓郁的绯红色染料，这些合成替代品没有得到进一步开发。

当时，世界上可能没有哪位化学家比奥古斯特·威廉·霍夫曼更了解苯胺了。19世纪40年代期间，他阐明了其与苯酚，以及与衍生了这两者的“母体”化合物烃苯的密切关系。19世纪50年代，霍夫曼开始怀疑，煤焦油化合物或许能为主要的抗疟疾药物奎宁的化学合成提供合适的前体。在那些日子，疟疾在欧洲仍然猖獗，需要大量的奎宁。该物质首先于19世纪20年代进行了化学分离，是从南美洲金鸡纳树的树皮中提取的。生产和进口都很昂贵，因此从丰富的原材料如煤焦油提取物合成它的方法将具有巨大的医疗价值（更不用说商业价值）。

19世纪50年代中期，霍夫曼让他的年轻学生威廉·亨利·珀金着手探索合成奎宁。作为伦敦一名建筑师的儿子，十几岁的珀金在伦敦城市学校师从托马斯·霍尔时，就显示出化学上的天分。霍尔是霍夫曼从前的学生，他安排珀金于1853年进入皇家化学学院，当时小伙子只有15岁。霍夫曼交给他的任务是制造与芳香族煤焦油碳氢化合物类似的苯胺，于是，珀金在他父母的家中建立了自己的个人实验室。这对珀金家族来说不是什么新鲜事。威廉的祖父托马斯·珀金就曾在他位于约克郡黑桑顿那座房子的地下室里进行实验，在当地也算个小有名气的炼金术士。

珀金于1856年试图制造合成奎宁时，是在他伦敦东部沙德韦尔家里的一座花园棚屋里进行的。他的起始物料是一种被称为烯丙基甲苯胺的化合物，衍生自煤焦油甲苯。珀金推理的方式只不过是计数原子，即两个烯丙基甲苯胺分子可能与氧结合，产生一个奎宁分子和一个水分子。换句话说，他希望烯丙基甲苯胺的氧化可能是获取合成奎宁的一种手段。

然而并不是。当珀金用氧化剂重铬酸钾来处理烯丙基甲苯胺时，获得的不过是一种红棕色污泥。有机化学家们很快就熟悉了这种反应——它通常意味着这些试剂结合在一起产生了难以理解的一团糟，最好从水槽中冲洗掉。但是，极为天真的珀金相信这团东西值得进一步研究。这个18岁的年轻人就这样开启了化学工业，把实验室设在家里，就像现代青少年把它设在自己的卧室里那样。

珀金决定使用苯胺本身作为起始物料，来进行相同的反应。这一次，氧化产生的是黑色固体，溶解于甲基化酒精中得到紫色溶液。布会染上这种颜色吗？许多年后，珀金冷静地解释称“在试验由此获得的着色物质时，我发现它是一种非常稳定的化合物，能为丝绸染上美丽的紫色，长久耐光”。那色彩的确华丽，即使是在今天（彩图9.3）。

虽然引人注目又出人意料，珀金的发现就其本身来说并不是染料

制造方面的突破。在他之前，其他人已经从煤焦油化合物中发现了明亮的偏红色彩，但是没有得出什么结果。珀金所处情形的不同之处在于，由于年轻气盛又缺乏经验，对于把他的发现应用于商业面临的巨大障碍，他没有立即被吓倒。

在实验室中从苯胺制备染料固然很好，但是苯胺已经是一种昂贵的物质，是由煤焦油苯通过两个步骤制备的。首先，使用硝酸将苯转化为硝基苯；然后将其“还原”成苯胺。[175]当时，多步骤化学合成在工业规模上是闻所未闻的：根据常规经验，如果不能在一锅中获得产品，它就不值得费神。

但在面对这个问题之前，珀金需要知道他的染料是否有用。他把测试样品送到位于珀斯的苏格兰染色商约翰·普拉尔父子公司，这家公司对结果大为赞叹——前提是，他们说，“你的发现不会使这种物品过于昂贵”。这足以使珀金下决心申请专利，他前往珀斯直接合作，试图找到适合棉花的媒染剂。但是，他访问的格拉斯哥棉布印花商们却无动于衷，声称这种紫色染料会被漂白剂去除，并对成本心怀恐惧。珀金的苯胺紫似乎注定是一种高附加值的特殊产品，适用于丝绸，而不是羊毛或棉花。

在这一点上，珀金有许多选择。如果倾向于谨慎，他可能会放弃整个想法，继续学术研究。或者，他有可能把所有权卖给普拉尔或其他哪家公司，让他们去为染料的商业化伤神费心。但相反，他说服父亲乔治和兄弟托马斯，说他们应该创办一家企业。1856年10月，珀金从皇家化学学院辞职，这让霍夫曼颇为失望；随后，珀金家族开始选址，建立一家小型工厂。

现在无法回避的一个问题是，如何扩大合成的规模，同时又不使它耗资太多。珀金找到了将硝基苯转化为苯胺的相对廉价的方法，但是从苯和硝酸大规模生产硝基苯是危险的。铁容器不能使用，因为它们会被浓酸腐蚀，于是使用了巨大的玻璃器皿——伴随着破裂和爆炸的风险。苯可以以合理的价格从煤焦油蒸馏商那里购得，但是其形式相当不纯，在使用前必须重新蒸馏。

也许正是对紫色的狂热拯救了珀金父子的企业，从外表判断这是一种疯狂的信仰行为。在法国，法国紫的制造商实际上垄断了紫色染料，里昂丝绸染匠想要打破这种局面。伦敦化学学会于1857年3月宣布了珀金的发现，使得它在欧洲大陆向剽窃行为敞开大门，因为在那里珀金的专利无效。他试图在法国获得专利权，但失败了，法国和德国两国的颜色化学家都开始用苯胺紫进行试验。到1858年底，它被法国棉布印花商投入使用，这就逼着英国棉布印花商重新考虑自己不这

样做是否正确。珀金父子的工厂订单有了增长，现在这家工厂已经在哈罗附近的格林福德格林全面运转。

珀金继续面临着与染料的制造和使用相关的技术问题。1857年，他发现一种媒染程序对棉花有效。后来，通过使用与硫酸混合的较低浓度的硝酸，珀金父子能够用铁制容器替代玻璃器皿了。他们首先将这种染料作为“推罗紫”来推广，但到1859年，该染料已经直接被称为“锦葵紫”——相比于与古代的关联，与巴黎高级时装的关联能够带来更多好处。到1857年5月，珀斯的约翰·普拉尔已经有信心告诉珀金，他的新颜色开始“盛行”了；在接下来的一两年里，它让竞争对手骨螺紫和法国紫失去了销路。

以今天的标准衡量，对锦葵紫的狂热的确是华而不实的，保守的评论家们对此皱起了眉头。英国《笨拙》杂志（Punch）抱怨伦敦患上了“锦葵紫麻疹”。其他刊物的态度则宽厚一些。查尔斯·狄更斯的期刊《一年四季》（All the Year Round）在1859年9月高度赞扬了珀金（不过把他的名字写错了）：

> 当我从窗口望出去，珀金父子的紫色的典范似乎触手可及——紫色的手从敞开的马车中向外挥舞——紫色的手在街边的门口互相摇动——紫色的手从街道的两边相互威胁；紫色条纹的宽大外衣挤满四轮马车、堵塞了出租马车、群集于汽船、填满火车站：全部都奔向乡村地区，就像紫色天堂里那么多的候鸟。[176]

苯胺繁荣

即使在最为愚钝的颜色化学家看来，苯胺紫似乎也不太可能是从煤焦油衍生物中获得的唯一的浓郁色相。许多企业家开始用苯胺进行试验，依靠的往往只是坚定的经验主义。其中一个例子是弗朗索瓦——埃马纽埃尔·韦尔古，他曾在里昂附近路易斯·拉法尔的苦味酸工厂当过经理。韦尔古似乎用他在货架上可以找到的随便什么试剂来处理苯胺，1858年底或1859年初，他的运气来了。[177]他将苯胺与氯化锡混合，得到一种深红色物质，他称之为复红（fuchsine），灵感来自倒挂金钟（fuchsia）花的颜色。

韦尔古于1859年初离开拉法尔，把他的发现卖给了竞争对手、染料制造商弗朗西斯克·勒纳尔和约瑟夫·勒纳尔，后者于1859年开始制作复红。同年，爱德华·钱伯斯·尼科尔森在英国发现了合成这种红色

染料的新方法。尼科尔森和他的业务伙伴乔治·莫尔都曾是霍夫曼在皇家化学学院的学生。他们与伦敦颜料制造商乔治·辛普森一起创办企业，于1853年在伦敦南部的沃尔沃思开始生产精细化学制品。从19世纪60年代起，辛普森、莫尔和尼科尔森公司以“品红”（roseine）这一商品名制造复红。但是后来，这种颜色被更普遍地称为“洋红”[178]，以纪念这座意大利城市，1859年6月，法国军队就是在这里打败奥地利人的。

霍夫曼自己在1863年发现，用乙基碘处理苯胺红能产生一种蓝紫色化合物。这种“苯胺蓝紫”由辛普森、莫尔和尼科尔森公司授权许可，于1864年开始制造，与珀金的锦葵紫形成了激烈的竞争。1860年，法国化学家夏尔·吉拉尔和乔治·德莱尔偶然发现，改变洋红的配方能产生一种新的染料，即苯胺蓝。

现在，苯胺染料工业进入了盛期，英国、法国、德国和瑞士遍布着新公司。其中一些成为当今世界的化工巨头。在德国，弗里德里希·拜耳公司于1862年以销售复红以及一系列苯胺蓝和苯胺蓝紫开启业务。几位工业化学家合作，于1863年在美因河畔法兰克福附近的赫斯特镇创立了苯胺染料制造商迈斯特＆卢修斯公司。1865年，几家小型德国公司合并形成一家染料和碱公司，名为巴斯夫。拜耳、赫斯特和巴斯夫这三家德国公司现在主导着欧洲化工市场。

瑞士为法国实业家们提供了避风港；法国的专利法适用于产品而不是工序，这一事实使实业家们陷入了困境。1859年，在瑞士，巴塞尔的亚历山大·克拉韦尔的丝绸染色公司开始生产苯胺染料，约翰·鲁道夫·嘉基的染料厂也是如此。这两家公司（即汽巴和嘉基，现在合并为一家公司）成为瑞士的化工巨头。

理论的影响

作为化学学术研究的积极推动者，霍夫曼抓住机会，把新的合成染料工业的成功，宣传为纯化学研究之价值的标志——这是对现在常见的老调，即纯研究能得出宝贵的技术派生产品的最早阐述之一。

如珀金和尼科尔森这般注重实效的人，把他们化学上的才智应用于开发新的染料以及制作和固着它们的更好技术，霍夫曼则决心推进对这些化合物的构成，以及这种构成与其色彩的关联的认识。1863年，他清晰表达了对化学科学不断推进的认识所孕育的雄心：

> 化学可能……最终系统地教会我们制成着色分子，其具体色调可以比较确定地预测，就像目前预见我们理论概念中化合物的沸点和其他物理性质时那样确定。[179]

这一明确的陈述其实是我的叙述的支点。自古以来，化学技术人员对于为何他们从事的行业带来了颜色的转变并不缺乏兴趣，对染料和色料的成分也并非漠不关心。但他们主要的关注是实用方面的，理论上的认识则来自后天的经验，如果有这样的认识的话。到霍夫曼的时代，化学气候已经发生了变化。他认为，对颜色的理性合成来说，时机已经成熟了。化学家将来会基于对物理和化学原理（这些原理决定着它的物质表现形式）的理解，按照要求来制作颜色。颜色的化学不再是试探性的东西，而是精确的科学。

19世纪60年代后期至80年代，霍夫曼的梦想开始实现。从经验主义以及学术科学和工业研究的临时联合中，出现了一个基于科学的染料和颜料产业，该产业越来越受到理论的指导。这一点之所以成为可能，要完全归功于这些年来在基础的有机化学领域取得的巨大飞跃。

染料的化学性质是有机的，着重于碳基化合物。直到19世纪，几乎所有这些物质都是生命有机体的提取物。对这些“天然产物”的研究在18世纪由卡尔·舍勒开创，尽管推断出天然产品中的共同因素是碳的，是分析大师安托万·拉瓦锡。当时可用的分析化学方法能够确立的，不过是这些化合物中各种元素（通常是碳、氢、氧、氮）的相对比例。

这就定义了物质的化学分子式：不同元素的比例列表，以化学家的简写形式表示，其中下标（在19世纪末之前是上标）表示的是每种类型的原子。于是，苯是C_6H_6——碳原子和氢原子各六个——奎宁是$C_{20}H_{24}N_2O_2$。当霍夫曼和珀金开始从煤焦油产品中合成奎宁时，这就是他们继续推进的全部依凭。事实上，正因为缺乏理论上的理解，才使他们无法意识到真正的挑战是多么艰巨。

然而当时，人们并不认为这些分子式反映了相关分子的实际构成——它们只是元素分析的实验结果的编码。没有什么可以表明原子在空间中如何排列；就其组成原子的界限清楚的结构排列来说，甚至也不存在分子的这种“原子结构”的清晰概念。很少有人谈原子如何排列，因为没有什么是已知的。情况更像是通过收集所有相同的字母并标出它们的重复数来书写单词，于是奎宁（quinine）变成了qui_2n_2e，或者“acceptance”这样的词变成$a_2e_2c_3ptn$（对于这种物质来说则是$pe_2na_2tc_3$）。如何理解这些表述，才能从中获取它们真正的

意义和形式？更难的是，如何将一种排列重新表述成另一种？

这种困难在有机化学中最为显著，其中，即使元素的范围很小，分子式也很复杂。表现极为不同的化合物，其分子式可能看起来相似，或者类似的化合物的分子式看起来可能不同。而且，这些元素的组合还有一种扩散性，一种看似无穷无尽的多样性。相比之下，无机化合物似乎被限制在范围小得多的一组排列中。

因此，19世纪初有机化学面临的根本挑战是分类；直到19世纪50年代，其中的多数工作涉及的都是纲领性的体系，即涉及将不同的有机化合物排列成组，以显示某种共通的化学性质的方法。这项努力中最有成果的观念之一来自法国化学家奥古斯特·洛朗，他在19世纪30年代提出，有机化合物包含一个“核”或“根本的基”，决定着它所属的组。换句话说，化合物应根据它们的“核”分组，这些核被外围的原子簇以各种方式修饰着。

听起来可能没有什么争议，但洛朗的想法极具争议性，因为它与当时的普遍信念冲突；时人认为，有机分子和许多无机物质一样，根本上是二元的，由两个电极相反的“基”组成。洛朗假定有机化合物的核主要是碳骨架，其中碳原子的数量提供了分类的基础。这种碳骨架观念是当今所有有机化学的基础。在洛朗的体系中，苯胺（C_6H_7N）的核衍生自苯（C_6H_6）的基团C_6H_5（今天称为“苯基”）。苯酚（C_6H_6O）属于相同类别。

1852年，英国人爱德华·弗兰克兰得出了有机化学的第二个关键概念。他提出，任何给定元素的所有原子与其他原子形成特定数量的键——既不多也不少。此即后来被奉为“化学价”的概念。正如弗兰克兰所说，“一种元素的结合能力总是由相同数量的原子满足”。这是分子构建的核心规则。

德国化学家弗雷德里希·奥古斯特·克库勒揭示了化学价对有机分子结构的全部意义，当时是1857年，他显示碳原子是四价的：它与其他原子形成四个键。举个例子，这就是甲烷分子（CH_4）含有四个氢245原子的原因。到1858年，克库勒认识到碳在生命化学中的核心地位源于其形成链的倾向，这种倾向从相同的基本成分提供了无穷无尽的结构多样性。[180]

但在有机化学中，要在分子水平上解释其物质的多重数量，还需要另一个概念。苯的分子式C_6H_6，无法通过其中所有碳原子都附着于四个其他原子的任何链结构来合理解释。该分子似乎不含有足够的氢来满足碳的四重价。霍夫曼在19世纪50年代表明，许多煤焦油芳香族

化合物，如甲苯、二甲苯和苯酚，都与苯有关，都同样地缺乏氢。

由于不断发现这些芳香族化合物在煤焦油染料中有着丰富的应用，克库勒对它们兴趣大增。他对芳香族分子神秘结构的解决方案，现已成为一种传说，也带着所有传说都有的含糊不清。这位德国化学家对他所取得的突破进行的回顾性描述有多少添油加醋的成分？他在多大程度上真的要感谢那个梦，梦里一条毒蛇吞噬自己的尾巴形成闭合的圆圈？他又从早期对这个问题的研究中获得了多少灵感？我们可以真正确定的是已发表的记录：1865年，他提出芳香族化合物在洛朗的意义上有一个核，这个核由一只含六个碳原子的环组成。

因此，苯是一只六角形的环，氢在每个角上包住碳原子的末端。[181]在苯酚中，氢原子中的一个被羟基（OH）取代，而在苯胺中它被氨基（NH_2）取代。有了这一洞察，化学家们对苯胺染料的探索就有了结构基础。这一新理解带来的第一个收获是，既表明自然的化学可以同样在实验室中实现，又开启了合成染料对天然染料的优势。

艺术史学家曼利奥·布鲁萨廷说，一旦发生这样的情况，

> 会有一种不同的观看和感知颜色的方式，因为会有一种完全不同的制作它们的方式；与之相伴的是，化学颜色的现代工业在地平线上诞生了，在老染坊的密室里若隐若现，带着它那罕见的染了色的服装及其过时的特权行业。[182]

重塑自然的颜色

茜草属植物染色茜草，作为用于茜草红色淀色料的绯红色染料的来源，可能首先是在印度种植的。在古代，茜草在亚洲和远东地区广泛生长，在古典时期的希腊，也有它存在的证据。十字军东征之后，染料在欧洲变得普遍，在中世纪的法国和意大利，茜草田欣欣向荣。虽然化学技术人员似乎不太可能在17世纪之前生产良好的茜草红色淀色料，其提取物作为染料还是备受珍视，提供了强烈的、耐久的红色。它主要用于所谓的“土耳其红”棉布染色，这是一种使用金属基媒染剂的复杂操作，得出的颜色不那么容易褪色。

1820年，让——雅克·科兰和皮埃尔·罗比凯两位法国化学家从茜草根中分离出一种红色化合物，并确认这是该染料的主要成分。他们称之为茜素（alizarine），这是以地中海东部地区用来指称茜草的词alizari命名的，该词来自阿拉伯语。这种根提取物还含有另一种相关

的化合物，他们取名为“红紫素”（purpurine），这种天然染料中淡淡的橙色就来自它们（虽然名叫红紫素）。后来，两种化合物都去掉了名称最后的“e”。到了1850年，茜素有了自己的化学分子式（虽然并不正确地暗示了与煤焦油提取物萘的明显关联），人们也在继续寻找合成方法，想以低于栽培品种的成本提供这种具有重要商业价值的染料。

此后一直没有什么进展，直到1868年，德国化学家卡尔·格雷贝和卡尔·利伯曼推断出了正确的分子式：$C_{14}H_8O_4$。当时，格雷贝和利伯曼在柏林的商业研究所（Gewerbe Institut）工作，带领他们的是那个时代最优秀的有机化学家之一——阿道夫·贝耶尔。与伦敦的皇家化学学院一样，该研究所相当重视染料和染色，这两个年轻的德国人投奔贝耶尔时都身怀染色工业的实际经验。

十四个碳原子的框架表明的是与蒽，而不是与萘的亲缘关系。[183]1868年夏天，格雷贝和利伯曼的持续努力有了结果，得出了从蒽到茜素的三步合成路线。这种合成离工业上的实际应用还很远，特别是因为它要用到昂贵的溴；但两人能够将权利出售给热切的巴登染料公司，该公司不久后更名为巴斯夫。

不妨略微考虑一下这种合成代表着什么。锦葵紫和洋红是合成染料，是在自然界中不存在的、偶然发现的化合物。另一方面，作为在生命有机体中发现的复杂的有机分子，茜素是天然产物，并且由容易获得的原料来构建，是经过理性筹划和推理的。[184]因此，合成茜素作为与这种天然产物完全相同，但是通过人工方法制备的分子，其产生可以说是比苯胺染料的发明更重要的一步。它表明，有机化学家正在变得能与自然比肩，自古以来纺织品着色主要依靠的天然染料，也不再需要从比自身重上数千倍的动物或植物物质那里耐心地提取。天然的和人工的已经合二为一了。

不过，在合成茜素实现商业化之前，还需要比格雷贝和利伯曼更好的体系。这种体系不久就来了：答案是使用硫酸代替溴。考虑到茜素的巨大市场以及由此附着于其合成上的利益，并不令人吃惊的是，这种解决方案由三个团体各自独立地实现，全部都在1869年。就职于赫斯特公司的化学家费迪南德·里泽是一个；格雷贝本人是另一个，他与德国最有创造力的工业化学家之一、巴斯夫首席化学家海因里希·卡罗合作完成。而在英国，只有威廉·珀金得出了同样的结论，从而重振了他在格林福德格林那身陷困境的公司。巴斯夫和珀金提交专利申请只相隔一天，为了避免争议，他们同意划分市场：珀金只在英国销售合成茜素，而巴斯夫只在欧洲大陆销售。

由于普法战争造成的破坏，珀金一度几乎是世界上合成茜素的唯一生产者。“在1870年，我们生产了40吨。”他后来回忆说，“1871年，220吨；1872年，300吨。”1873年，作为一位35岁的富翁，他把珀金父子公司出售给布鲁克、辛普森和斯皮勒，这家染料公司的前身就是辛普森、莫尔和尼科尔森公司。日益激烈的竞争，再加上仍然存在的行业危险带来的艰难，让珀金得出观点，认为“茜素的繁荣已经一去不复返”。他转过身去享受纯粹研究的乐趣，任凭时间的流逝让他给世人留下胆怯的名声。

新的视野

合成茜素不仅更为明亮，而且很快就比天然茜素更为廉价。随着染匠和印花商在19世纪70年代（并非心甘情愿地）渐渐接受这一点，茜素成为这个十年中的明星颜色，苯胺染料则黯然退场。茜草的栽培也突然显得多余，十年内就濒于消亡了。在不到十年的时间里，德国的茜素生产扩大了近100倍：1880年生产了12000吨。这巩固了染料工业，使其成为当时工业方面的主要关切，德国则主导了这个市场：到1878年，全球销售的染料中德国产的占了大约60%。

茜素的合成提供了一种暗示——如果仍然需要暗示的话，即要想保持竞争力，则需要染料公司对化学研究给予积极支持。他们不再能够靠着色师偶然的试错进行勘察来勉强应付；新染料的开发现在是通晓理论的化学家的事了。可以说，现代工业研究的基础奠定于格雷贝和利伯曼获胜之后的十年里。

学院派化学家继续对工业发挥着至关重要的作用。情况往往是，只有霍夫曼或克库勒那样敏锐的人才足以回答的有关化学结构的困难问题，现在成了应用化学家的基本知识。正是霍夫曼揭示了曙红的结构，这是一种明亮的粉红色物质，由煤焦油衍生物荧光素制成，巴斯夫于1874年开始销售。1866年，克库勒澄清了另一种染料的分子结构，这种染料类别极其重要，被称为偶氮染料。

这些化合物在19世纪50年代后期由德国化学家彼得·格里斯发现，他于1858年来到皇家化学学院与霍夫曼合作。据说格里斯的外表相当古怪，从中很难看出其内心与颜色化学的完美合拍。学院的门房拒绝放这个人入内：他穿着“一件红棕色的大衣，里面是一条海绿色的贴身衣物、一条明亮的红色针织围巾，以及一顶不论是大小还是形状、不论是此前还是此后在牛津街都很罕见的庞大礼帽”。同时，这

位化学家一直只顾着用德语向门房大喊“我叫格里斯，哪儿也不去了！”，直到霍夫曼赶来平息了这场吵闹。

首先出现的偶氮染料是一种被称为苯胺黄的亮黄色，通过使苯胺与亚硝酸发生反应来制作。1863年，这种染料和其他偶氮染料由辛普森、莫尔和尼科尔森公司投入商业领域。1876年，就职于伦敦的德国化学家奥托·维特将染料化学引入新的水域。他仔细研究了偶氮染料的结构和色彩之间的关系，从而能够在合成之前就成功预测一种新的橙色染料的颜色。第一次有人显示出，化学研究不仅是指导合成提炼的事后认识的载体，也可以是预测工具。至少在人们的愿望中，颜色可以根据要求来制造了。

随着在化学技术上取得进步，工业化学实验室开始多样化。19世纪70年代，苯胺和其他芳香族化合物接受了检验，以投入药用。柳树皮提取物的止痛功能早已为民间医学所知，1860年，德国化学家赫尔曼·科尔贝表明，这种被称为水杨酸的化合物可以从苯酚合成。拜耳公司在1897年以阿司匹林为商品名销售一种更受欢迎的衍生物。19世纪80年代，赫斯特公司开始涉足制药市场。

但是，使用合成化合物作为药物的化学治疗这一概念，主要来自德国人保罗·埃利希对煤焦油染料进行的生物应用。19世纪70年代，埃利希使用合成染料为细胞染色，这使它们更容易在显微镜下被研究。埃利希注意到，这些染料黏附到某些组织而不会黏附在其他组织上。（作为基因携带者，染色体的名字就来自它们吸收染色的倾向。）埃利希猜想，类似的因素在这里也发挥着作用，决定染料是否会粘到纺织纤维上。当观察到某些染料会杀死吸收它们的微生物时，埃利希看到了治疗的可能性。他合成了染料化合物，作为药物进行测试，并以这种方式于1909年发现了一种含砷染料，它能破坏引起梅毒的螺旋体微生物。以洒尔佛散作为药名，这是自中世纪使用汞以来，首次能够缓解此类致命疾病的药物。

到20世纪初，多种煤焦油染料已经被设法投入药用：刚果红用于治疗风湿病和白喉；吖啶黄、百浪多息红和龙胆紫变成抗菌剂；荧光素染料红汞作为消毒剂投入应用。《曼彻斯特卫报》于1917年宣布，“任何服务于现代染料制造商的东西，都直接服务于国民健康”。

煤焦油化学制品强烈地影响着日常生活，甚至在大众新闻报道中，它们也受到称颂。《笨拙》杂志就曾赞美过它们：

在生活的小游戏中

几乎没有什么可以称得上美或有用，

但你可以根据黑色煤焦油的物理基础

从蒸馏器或罐子中提取

油和软膏，蜡和葡萄酒，

以及名为苯胺的可爱颜色：

（只要知道方式）从黑色煤焦油中

可以制取任何东西，从药膏到星星。[185]

没有哪个时期像19世纪的最后几十年那样，对颜色的需求如此推动着科学的进步。技术史学家安东尼·特拉维斯说：“一旦染料制作发展成为一种不断扩张的科学活动，现代化学工业就诞生了。”从明亮的紫色和有光泽的红色，以及令人震惊的粉红色和鲜明的黄色中，出现了这种最难以预测的现代技术中所有或好或坏的东西：破坏性疾251病的疗法、便宜和轻便的材料、芥子气和齐克隆B、足够发动两次以上世界大战的爆炸物，以及液晶和臭氧洞。换句话说，出现了现在这个时代。

消退的蓝色

不过，在19世纪落幕之前，还有一个挑战要面对，现代主义也携带着所有的魅力和恐怖降临了。即使是在19世纪80年代，世界上主要的染料之一仍然是一种天然提取物。它来自处于英国殖民笼罩下的印度，而对于英国来说，靛蓝工业是这个帝国在亚洲最赚钱的活动。1870年，印度有2800家靛蓝工厂。这种蓝色染料大量用于如军服之类批量生产的物品，同时也在中国充当最重要的纺织品着色剂，因而受到全球瞩目。市场处于英国的掌控之下，这让正在扩张的瑞士和德国染料制造商颇为懊恼。靛蓝的合成将打破这种依赖关系。

从1876年开始，阿道夫·贝耶尔开始与巴斯夫公司的海因里希·卡罗合作制作靛蓝。贝耶尔推断，复合的吲哚是靛蓝的“母体物质”，正如蒽是茜素的“母亲”。不过，蒽在煤焦油中是现成的，而吲哚没有方便易得的来源。框架本身必须经由构造得来。这就使得靛蓝的合成成为一种不同类型的挑战。[186]

贝耶尔在1877年首次获得成功，他使用甲苯作为起始物料——这种化合物价格昂贵，阻碍了其工业应用。直到三年后，他才确定了一条更为可行的路线，那时赫斯特公司也在赞助他。这条路线以及其他合成策略在未来一两年中获得了专利，但仍然不适合商业化。在某种程度上，贝耶尔受限于对他的目标的分子结构缺乏了解，直到1883年，这个问题才得到解决。这项杰出的应用工作突破了有机化学的诸多新领域，于1905年为贝耶尔赢得了诺贝尔奖。

直到1890年，大规模制造靛蓝才有了良策——攻克这个难关的是位于苏黎世的瑞士联邦理工学院的卡尔·厄曼，而不是贝耶尔。厄曼发明了两种从相对廉价的碳氧化合物中合成靛蓝的方法。其中之一从萘开始，萘首先被转化为邻苯二甲酸酐。使靛蓝的这种合成切实可行的关键，是用硫酸汞作为催化剂加速反应。在染料工业向前发展的许多偶然事故中的一例，即在德国生产邻苯二甲酸酐的过程中水银温度计破裂时，发现了该催化剂，并且汞金属与桶中的硫酸发生了反应。

这再度表明了问题的难度——以及各家染料公司的韧性：合成靛蓝的生产还要再花七年时间才能走向繁荣。虽然成本最初略高于天然的进口品种，到1897年，巴斯夫已经能够以每公斤16马克的有竞争力的价格生产合成靛蓝。在接下来的七年中，价格下降到不到一半。1900年前六个月，在德国生产了1000吨人造靛蓝，印度的靛蓝种植开始陷入困境。

由此看来，印度基于靛蓝耕种的地方经济，其命运完全取决于遥远欧洲发生的技术进步。当对西方的出口不再有需求时，印度的产业被无情地抛弃。回想起欧洲从印度工匠那里学到了精细的棉布印花技巧时，这一点就显得更加讽刺了。同时，值得记住的是，靛蓝种植极大地浪费了土地资源。1900年10月，巴斯夫总经理海因里希·布伦克建议，在印度种植靛蓝的土地现在应该转而种植粮食作物；这是一个值得努力的目标，但忽略了一点：印度经济建立在出口业务之上。

合成靛蓝的意义对英国来说令人难堪地明显。1899年的一份报告宣称：

> 从科学的角度来看，人造靛蓝的生产无疑是伟大的成就；但如果能够大量生产，使得靛蓝种植完全无利可图，它就只能被视为国家灾难。[187]

为了延缓这样的危机，英国政府下令，所有的军服染色时一律只用天然靛蓝，而不用德国的合成靛蓝。然而，这不过是枉费心机：第一次世界大战开始时，天然靛蓝90%以上的欧洲市场都已消失，印度

相应数量的种植靛蓝的土地也消失了。化学工业赢得了胜利。

直到1916年，英国才开始制造自己的靛蓝，最终还是由于要给军装染色，不得已而为之。即使在那时，提供制造手段的也还是德国技术。染料公司迈斯特＆卢修斯在第三方合作伙伴布鲁宁的加持下，于1909年在曼彻斯特附近的埃尔斯米尔港开设了一家工厂，为英国市场生产靛蓝，同时规避了德国的专利法。这座工厂在战争期间被征用，并由颇有进取精神的曼彻斯特染料公司伊万·莱文斯坦接管。

战争结束后，莱文斯坦与英国染料有限公司合并成立英国染料公司，后者于1926年与其他公司合并，成为帝国化学工业公司（ICI）。在某种程度上，这种联合是试图与德国的那些巨头竞争，后者也完成了相同的过程。1916年，以赫斯特公司为中心的一群染料生产商，与拜耳公司、巴斯夫和柏林染料制造商爱克发公司（Agfa）的现有财团合并，成为强大的染料工业利益集团，又名法本公司。对于这家卡特尔在20世纪上半叶的长袖善舞，有一个很好笑又很生动的评论：在小说《万有引力之虹》中，托马斯·品钦（可能是化学素养仅次于普里莫·莱维的小说家）把法本公司视为居于幕后，谋划第二次世界大战进程的超级大国。这或许是异想天开，但并非全无道理。

终于不褪色

认识到现在生产的大多数主要类别的染料，包括偶氮染料、与茜素有关的“蒽醌”染料以及靛蓝，到20世纪初都已经被发现，会让人清醒。珀金、霍夫曼、贝耶尔、卡罗及其同时代人确实给我们带来了一道新的彩虹：茜素的红色、偶氮染料的黄色和橙色、苯胺的绿色和蓝色、靛蓝本身的颜色，以及苯胺的蓝紫色和紫色。苯胺染料现在几乎已经从市场上消失，但是偶氮染料和蒽醌染料都可以各自独立地跨越光谱。阿道夫·冯·贝耶尔于1871年合成的黄色化合物荧光素，带来了重要的罗丹明染料家族，由巴斯夫于1887年开始制造。

早期偶氮染料对棉花毫无亲和力，这是一项重大缺陷。但在1884年，德国化学家保罗·伯蒂格创造了一种红色偶氮染料，它可以不加媒染剂而应用于棉花。爱克发公司将其作为刚果红出售，大获成功，由此推动了其他黄色、棕色和蓝色的不褪色偶氮染料的出现。

作为重要性仅次于偶氮染料的一类染料，蓝色和绿色酞菁染料是又一次意外发现。1928年，在制造被称为邻苯二甲酰亚胺的精细化学

制品的过程中，苏格兰染料公司（后来与帝国化学工业公司合并）注意到一种蓝色物质。这种污染物的化学构成由伦敦帝国学院的帕特里克·林斯特德于1934年阐明，人们发现，这种成分与德国化学家H.德·迪斯巴赫和E. 冯·德·魏德于1927年独立发现的化合物完全相同。林斯特德称之为酞菁，它与植物色素叶绿素具有亲和力，含有嵌入环状有机分子的金属原子。在1935年至1937年之间，帝国化学工业公司开发了一种被称为“不褪色单星蓝”（Monastral Fast Blue）的含铜酞菁染料，它呈深而浓郁的绿松石色。通过加入氯而制成的绿色版本，在20世纪50年代成为重要的染料。这些着色剂被广泛用于现代油画颜料的色淀色料中。

合成纤维自20世纪20年代开始引入，与乙酸纤维素，以及随后又延伸纳入的聚合物如尼龙和聚酯一起，给染料工业带来了新的复杂性。与棉花相反，这些合成丝线中的纤维分子紧密地堆积在一起，对于染料分子来说不那么容易渗透，结果是传统染料不能很好地黏附。此外，将染料固着于棉纤维上的分子间相互作用，在拒水的合成纤维中通常不会发生。由于缺乏合适的染色方法，乙酸纤维素的商业化大大延迟了。

1922年，英国染料公司引入了“苯丁胺”染料。这些染料不溶于水，作为极细的粉末分散在整个液体中，能黏附于如乙酸纤维素、尼龙、聚丙烯腈和聚酯这样的纤维上。1923年，英国染料公司和英国塞拉尼斯公司同时发现了一类新的蒽醌染料，这种染料会黏附于乙酸纤维上。

棉花此时仍是最重要的商业织物，已经给染匠造成了持久的问题，后者长期以来一直在努力寻找一种途径，使染料以真正不褪色的方式亲近纤维。将珀金的锦葵紫这样的苯胺染料固着在棉花上的媒染剂，在那个时期已经差强人意，满足不了我们今天期望的耐久性标准。即便到了1904年，柏林苯胺公司还在叹息，“绝不褪色的染料不存在，阳光和雨水最终会使它们的颜色全部消失”。

但在1954年，两位英国化学家——帝国化工的伊恩·拉特和威廉·斯蒂芬，发现了如何使染料永久植根于棉花中。理想的解决方案是在染料分子和棉纤维中的（纤维素）分子之间产生强力的化学键。拉特和斯蒂芬发明了一种通用方法，通过偶联分子将染料与纤维连接起来。有了附着的偶联剂，染料就变成了“活性的”，从而能够与纤维素和羊毛纤维形成键。

帝国化工在1956年以商品名普施安销售这些“活性染料”。不可避免地，汽巴——嘉基、巴斯夫、赫斯特和拜耳迅速开发了各自的版

本。制造色彩明亮、不易褪色的棉布服装第一次成为可能；几年内，布满原色和二次色的大胆图案成为多彩伦敦的一种时尚宣言。

画布上的煤焦油

鉴于靛蓝和茜草红作为艺术家颜色的悠久历史，人们可能认为，煤焦油染料及其继承者对美术的影响想必是巨大的。19世纪晚期的一些画家宁愿事实并非如此。对于让——乔治·维贝尔来说，苯胺染料是“绘画的灾难”，他呼吁对这些新材料进行紧急测试。它们的讨人喜爱正是问题所在：这种诱惑给人的往往是虚假的希望，因为从新颜色制成的色淀色料容易迅速变色或褪色。据马克斯·德尔纳称，“它们被轻率地引入绘画，考虑不周，造成了大量损失”。文森特·梵高就是枉顾这些警告的画家之一，他偏爱的一种容易跑色的曙红色淀对其部分作品造成了严重破坏。

当煤焦油颜色最初为艺术家所知时，其退化有时极为迅速——就发生在几天内，以致这种新材料短期内名声就臭了。因此，它们在19世纪的艺术中没有发挥主要作用。阿蒂尔·洛里于1960年开始对艺术家材料进行调查，在以“油画放心使用”的名义推荐的色料列表中，除了“茜素色淀”外，没有任何一种基于合成染料的单一颜色。

然而，谨慎到如此地步是没有根据的。在此世纪之交以前警惕煤焦油颜色当然是明智的，但后来情况已经有所改善。1907年，艺术家的合成颜料制造商一致同意，他们的产品应该在上市前经过几年的稳定性测试。茜素色淀已得到承认，它比天然茜草红色淀更为耐久；同时已形成决议，其他合成颜料在提供给画家之前应具有类似的可靠性。[188]然而，对于任何厌倦了商界现实的人来说，德尔纳对随后事件的描述都不会令人惊讶：“不幸的是，这份协议被一个制造商打破了，其他人随即竞相效尤。热情的断言和离谱的广告随之而来，接下来又回到对事实更为清醒的思考。”[189]

例如，柠檬黄的煤焦油颜色，作为比现有的铬黄和镉黄更明亮、更耐久的材料被销售，结果却完全是另一种情形。但是逐渐地，金子从糟257粕中被筛选出来。1911年，与偶氮染料相关的所谓汉莎色料在德国推出。汉莎黄G被证明比茜素色淀更为耐久。就连谨慎的德尔纳也建议使用法本公司的合成阴丹士林黄，把它与镉黄混合作为金色印度黄的替代品；另外建议阴丹士林亮桃红作为朱砂和浅茜草红色淀之间可信赖的折中色。他补充说，法本公司的“日光牢固红”或许可以

冒险作为朱砂的替代品，而阴丹士林蓝则可作为普鲁士蓝的替代品。如果需要蓝绿色，酞菁蓝色淀在20世纪40年代之前则被视为绝对安全的选择。

到20世纪中叶时，面对数百种以染料为基础的合成颜色（图9.1），艺术家们发现，由于制造商在选择名称时反复无常，要想审慎用色丝毫没有变得更为容易。各家公司在为新色料根据其经典的对应物命名时毫无顾虑，就好像决定用“印度黄”“朱砂”和“钴蓝”来表示色相而不是物质一般。“通常杜撰出来的是最随意、最荒诞的名字和混合物，”德尔纳于1934年抱怨，“无法核实，最好别用。”但是最终，还是无法避开合成颜色，艺术家也越来越无意这样做。对于他们中的许多人来说，新材料不仅仅是调色板上那么多的新色相，而且是更深层次259的东西：那是一个新时代的代表，在这个新时代，技术至高无上。

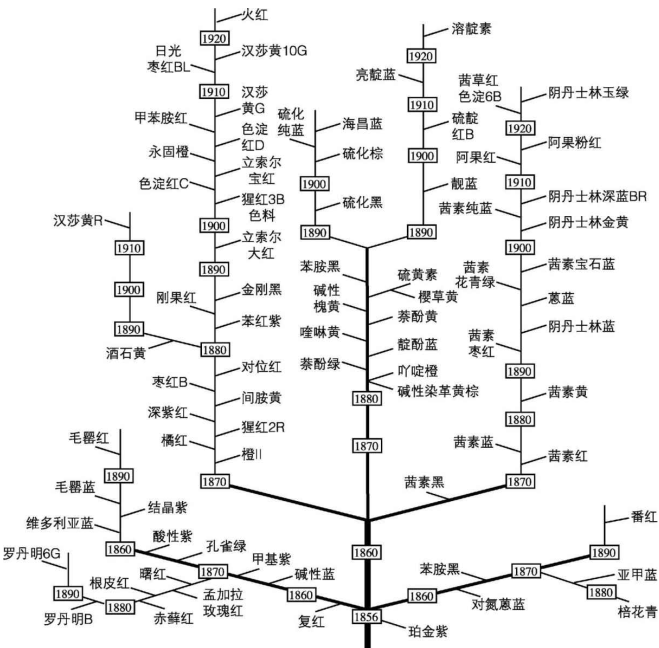


图9.1 到20世纪初，煤焦油和相关的有机颜色以令人眼花缭乱的多样性激增。

第十章 午夜暗影——关于蓝色

蓝色里有着怎样的极乐啊。我从来不知道蓝色会蓝到什么程度。

——弗拉基米尔·纳博科夫，《黑暗中的笑声》（1989）

蓝色为其他颜色带来共鸣。

——保罗·塞尚

什么是蓝色？蓝色是那从看不见变得能看见的……蓝色没有维度。它“的确”超越了其他颜色共有的维度。

——伊夫·克莱因

蓝色中有什么东西如此一贯地诱惑着画家们？威严，是的；忧郁，当然，还有神秘。按康定斯基的说法，

> 在蓝色中能找到深刻意义的力量……蓝色是典型的天上的颜色。它创造的终极感觉是与安息相近的。当蓝色下沉得几近于黑色时，它唤起的悲伤几乎超越了人类情感。[190]

这种悲伤是不是表现在暗色的天空中，以梵高的封笔之作《乌鸦飞过麦田》（Crows Flying over a Cornfiel，1890）最为著名？毕加索的蓝色时期（1901—1904）恰逢他在巴黎的贫困岁月，当时这位艺术家正为密友卡洛斯·卡萨吉马斯自杀而陷入沉思。卡尔·荣格提出，这些冷淡、阴郁的肖像画，画中人罹病、饥饿、年老、贫穷，沐浴在蓝色的光亮中，代表着进入地狱的神话之旅，“在那里主导一切的是夜晚的蓝色，是月光和水的蓝色，是埃及冥府的杜亚特蓝”。《喝苦艾酒的人》（The Absinthe Drinker，1901）和《老妇人》（Old Woman，1901）仍然秉有印象派的影响，画中人的衣着是午夜的蓝色；《蓝色房间》（The Blue Room，1901）和《生命》（La Vie，1903）则带有柔和的阴影。

但也有丰沛的蓝色，如提香的《酒神巴库斯与阿里阿德涅》就是首先要称颂的那类画作。在亨利·马蒂斯的《蓝衣女人》（Lady in Blue，1937）中，衣饰在画框中没有为伴随的原色留下什么空间（克莱福特·斯蒂尔的《1953》留得更少）。在《画家及其模特在勒阿弗尔的画室中》（The Artist and His Model in the Studio at Le Havre，1929）中，拉乌尔·杜飞把两个人物嵌入天蓝色的房间中，房间只是从打开的窗户中延续着海和天空的景观。在马蒂斯充满想象力的《蓝色裸体》（Blue Nude，1907）中，模特本身就带有这种阴影，却没有带给她活力。这位模特瘦削的身形似乎预示着毕加索《亚维农的少女》（Demoiselles d'Avignon，1907）中那些图腾般的立体主义女性；她们被包围在蓝色中，像包裹于一袭被单。

康定斯基对蓝色的亲近在1911年有了具体表现，当时他和德国画家弗朗茨·马克创办了一份艺术年鉴，名为《蓝骑士》（Der Blaue Reiter），名称来自1903年康定斯基一幅以蓝色骑手为主题的画。马克在《蓝马I》（Blue Horse I，1911）和《大蓝马》（Large Blue Horses，1911）中顽固地按字面意义追求着主题。年鉴的名字逐渐被用在一群以马克和康定斯基为中心的艺术家们身上，其中（一度）包括保罗·克利和巴黎人罗贝尔·德劳内。马克于1916年在第一次世界大战中丧生；不过，康定斯基在“蓝色四人”（Die Blaue Vier）中保持了对蓝色的热情，这是他在1924年与克利、莱昂内尔·法宁格和阿列克谢·冯·亚夫伦斯基组成的一个团体。克利于前一年绘制《来自“水手辛巴达”的战斗场景》（Battle Scene from “Sinbad the Sailor”），其蓝色由各种色调拼凑在一起，如孟塞尔色标一般。

我曾大略考虑过，这本书是否可能完全放弃年代顺序，将叙述按各种原色和二次色来划分。那样可能很有趣。但是，为了避免不断地重弹老调，就要求更多的叙述技巧，而这超出了我的能力。因为，即便在任何年代有什么技术能比产生其他颜料更容易、更丰富地产生某些颜料，这么做时通常也有其社会、科学、美学和艺术方面的考虑作为背景，这种考虑对各种颜料都同等程度地适用。

那么，为什么还要挑出蓝色来单独讲述？纵观颜料制作的历史，人们会禁不住得出结论：蓝色一直是特殊的；这一点应该已经很明显。它是最古老的合成色料，在中世纪晚期被奉为神圣纯洁的象征。然而，它要比红色和黄色晚好几个世纪，才获得作为原色的地位。尽管在1704年前后，一种蓝色色料的出现代表着第一种现代人造色彩，但一直到19世纪初，画家们都痛感缺乏易获取的、高质量的蓝色。

事实是，上好的蓝色很难找到。

蓝色的诞生

我们追溯蓝色在古代的重要性时面临的问题是，由于它没有被明确地视为自成一种颜色，最古老的表示蓝色的颜色术语是模糊的。显然，蓝色色料在最早的一批文明中就有了，包括蓝铜矿、靛蓝和埃及蓝玻璃料。然而，古代文献中还没有意识到蓝色的原色特征。它被视为一种与黑色相关的颜色——也可以说是一种灰色。在公元前5世纪，希腊哲学家德谟克利特写到了一种相当于靛蓝（isatin）的颜色，可以由黑色和淡绿色（chloron，德谟克利特的四种“简单色”中的一种）混合而成。我们可以想象这种结合的结果，并从中看出一些迹象，这些迹象表明希腊人对于我们所知的蓝色的完整性是漫不经心的。

也许更准确的说法是，蓝色对古希腊人来说是暗色的一种。在大多数希腊文本中，表示“黑色”的词是melas，意指“深暗”，它在光谱上位于与leucos即亮色相反的一极。在许多希腊绘画的幸存碎片中，蓝色被用作染黑剂，并且通过将一些黑色木炭色料与白色混合，可以获得明显的蓝灰色。（实际上我们已经看到，鲁本斯这样的艺术家如何在两千年之后仍然以此种方式制作蓝色。）看起来，这种“作为暗色的蓝色”的态度可能提高了古人在忧郁色相中发觉蓝色的能力，而不是使对各种蓝色的感觉变得迟钝。罗马人维特鲁威描述了一种通过燃烧干燥的葡萄酒沉淀物来制作黑色色料的配方，并说：“使用品质更好的葡萄酒将使我们不仅能仿制黑色，而且能仿制靛蓝。”

柏拉图和亚里士多德继承了德谟克利特的大部分哲学（尽管并不太赞同他的原子论）。亚里士多德对蓝色的态度，以及对原色的总体态度，是很难辨识的。在《论感觉及其对象》（On Sense and Sensible Objects）中，他将深蓝色确认为明和暗之间的“未混合”中间色，而他在《气象学》（Meteorology）中只列出了红色、绿色和紫色作为彩虹的未混合色。亚里士多德的《论颜色》只将白色和金黄色列为原色，也就是被宣称为属于四种元素的颜色。

所有这一切并不意味着古人对我们所知的蓝色，即天空和海洋的蓝色，没有感知。有许多希腊语词似乎可以翻译为这种色相；一个是kuanos，我们的“青色”（cyan）一词的来源。 然而，这些词中没有哪一个能作为基本的色彩术语而等同于英语中的blue——不依赖上下文，在伯林和凯所做分类的意义上。似乎希腊人拿一些类似我们的青色、群青、靛蓝、海军蓝、宝石蓝和蔚蓝色的术语在凑合着用，没有哪个词把它们共同归类为单一的感知概念。

我们已经看到，面对着谈论颜色时的这种不确定的理论基础，古典时期和中世纪的作者们会将对艺术家颜色的讨论锚定于色料的物质本质上。原则上这是值得称许的，因为画家从来不使用“蓝色”，而是用靛蓝、钴蓝、普鲁士蓝等。然而，在实践中，仍然有引起混乱的充分可能。让今天的我们颇感奇怪的一个典型例子是，在中世纪蓝色和黄色之间界限模糊。

普林尼在《博物志》中对希腊画家阿佩利斯、阿埃蒂翁、墨兰提俄斯和尼科马库斯的四色调色板所做的描述，列出的不是颜色，而是色料。其中包括“阿提卡黄”，即来自阿提卡的黄色色料。但普林尼用于黄色的词是一个矿物术语——sil，而不是更明确的crocum或glaucus。Sil是一种黄色赭石。但是在16世纪，当蓝色开始成为一种“基本”的颜色时，一些写作者认为它当然应该在普林尼的清单上。意大利人切萨雷·切萨里诺于1521年提出了奇怪的主张，认为sil是群青。到那个世纪的后半叶，在法国的一部艺术百科全书中，sil已经与某种色度的蓝紫色联系在一起。

这可能是因为普林尼声称，赭石sil和蓝色矿物caeruleum（可能是蓝铜矿）都发现于金矿和银矿，因此一开始被弄混了。但是在中世纪晚期，用术语cerulus来指黄色使这种纠缠关系更为混乱。即使是古法语中的bloi，即英语词blue和法语词bleu的词源，也可能意指蓝色或黄色。

四色古典调色板必定包含蓝色这一观念，由路易·德·蒙洛西耶在颇有影响力的《绘画评论》（Commentary on Painting，1585）中更为牢固地确立了；他说：“因为很确定的是，白色、黑色、红色和蓝色这四种颜色在绘画中用得最少，所有其他颜色都由它们的混合组成。”四色调色板这种转变的实现，是通过声称，虽然矿物sil可能是几种颜色之一（有时是黄色、有时是蓝紫色），阿提卡的sil却是蓝色的。（甚至乔治·菲尔德也在1808年认为，硅酸盐——“硅石”——是各种蓝色的矿物来源。）

不足为奇的是，黄色在德·蒙洛西耶四色体系中的缺席，反过来引起了关注。（就德·蒙洛西耶本人而言，黄色可以从红色和绿色中制备这个想法，看起来似乎来自亚里士多德。）在17世纪中叶，法国人马兰·屈罗·德·拉尚布尔无法让自己相信阿佩利斯没有黄色也能应付，他总结说，普林尼说的sil必定既指蓝色又指黄色，因为sil看起来可以是这两种颜色中的任何一种。

这种语言杂耍反映了一种需要，即调和普林尼的权威与17世纪时日益强烈的将所有“现代”原色——红色、黄色和蓝色——纳入基本颜

色集合中的愿望，“所有其他颜色都由这个集合构成”。我们可以把蓝色进入这些体系的时间确定为16世纪后期，可以有把握地说，到17世纪，必须把蓝色包括进去已经没有什么争议了。在《关于颜色的实验和考察》（Experiments & Considerations Touching Colours，1664）中，罗伯特·波义耳强调了这一点：

> 只有很少的简单色和原色（如果可以如此称呼它们的话），可以说从其各种组成中得出了所有其余颜色……我还没有发现，要展示这种奇怪的多样性[一位画家]要运用白色、黑色、红色、蓝色和黄色以外的颜色；几乎无法想象的是，这五种颜色以各种方式复合和（如果可以这样说）分解，足以显示各种品种和数量的颜色，比如画家调色板上从未有过的那些陌生颜色。[191]

很快就要轮到所有颜色的古典起源，即白色和黑色，来为自己的原色地位做辩护了，这种地位正变得越来越随意。艾萨克·牛顿表明，在任何生成意义上，它们肯定不是原色。在19世纪，米歇尔——欧仁·谢弗勒尔仍然承认，这两种颜色，再加上红色、黄色和蓝色，作为“原”色在古代的调色板中发挥着主要作用；但托马斯·杨的色觉理论在对色彩的科学分析中，没有为它们留下位置。

横跨海洋

中世纪晚期，当蓝色被证明存在于最著名、最珍贵的色料，也就是群青中时，其无论如何都很难继续成为从属的颜色。比最好的红色（朱砂）更昂贵的颜色——实际上，比黄色在中世纪的类似物，即金色本身还要昂贵——怎么可能不是原色？群青、朱砂和金色是中世纪调色板的荣耀；无疑，一种将价值等同于美德的文化，必定倾向于赋予这种崇高的三色组合以特殊地位。我认为，如下说法应该不会言过其实：与任何理论思考带来的进步一样，正是由于色料制造方面的技术进步，在画家技艺的全部知识中，蓝色才显得如此突出。

青金石意思就是“蓝色的石头”。它是一种深沉、浓郁、诱人的蓝色（彩图10.1），但是这种颜色的纯度一经研磨便会消失，这就是蓝铜矿为古代世界提供了天然的蓝色色料的原因。这种蓝色的石头实际上是矿物的混合物；其颜色来自主要组分——一种叫作lazurite的青金石矿物（不要与蓝铜矿混淆）。

群青在无机色料中是不寻常的，因为其鲜艳的颜色不源自过渡金

属的存在。青金石矿物是铝硅酸盐化合物，是一类矿物中的一种，其中晶体的基本骨架由铝原子、硅原子和氧原子组成。铝硅酸盐通常是无色的，但是青金石矿物的出色之处在于，其组成成分中也包含硫。硫原子以两个和三个基团簇集，其晶体通过在不同硫原子之间使电子穿梭移动来吸收红色光。

青金石的深蓝色通常带有金色条纹，这增加了它作为半宝石的吸引力。这些是愚人金——黄铁矿，即铁和硫的化合物。方解石（碳酸钙）和其他硅酸盐矿物通常也存在，它们解释了粉状石头的灰度。然而，青金石有时用作色料时，通过简单研磨即可制备。例如，它出现在6世纪到12世纪的拜占庭手稿中，出现在6世纪和7世纪阿富汗的壁画中，也出现在11世纪中国和印度的绘画中。但是，除非石头是由特别纯的青金石矿物构成，否则就不会产生宏大效果。在任何埃及、希腊或罗马艺术中，都没有识别出研磨过的青金石（我们应该把它与真正的群青区分开）。

制造群青的技术似乎是一项中世纪的发明：20世纪初皇家美术学院研究艺术家材料的专家阿蒂尔·洛里认为，优质的群青在1200年前后开始出现在西方艺术中。在12世纪20年代从事著述的西奥菲勒斯没有提到它——他的蔚蓝就是蓝铜矿。

青金石是一种稀有矿物。实际上在整个中世纪，其唯一来源地是巴达克尚，位于现今的阿富汗。虽然在奥克苏斯河上游地区很难获得这种珍贵的蓝色石头，但自从美索不达米亚文明时代以来，为获取它，许多采石场似乎还是进行了发掘。只是在相当晚近的时期，才在西伯利亚和智利发现了大量矿藏。

马可·波罗于1271年来到这些采石场，并对它们感到惊讶：

> 这里有一座高山，从中开采出了最好和最细的蓝色。在石头地面上有矿脉，蓝色就从其中制得；还有许多山，银就是从那里开采的。平原上很冷。[192]

我们不知道是谁发现了从粉状青金石的碎屑中提取高贵色料的方法。丹尼尔·汤普森提出，真正的群青是在欧洲人还不知道如何制作它之前，从东方进口到欧洲的。他问，为什么欧洲人会坚持称之为“群青”，毕竟同时也进口了其他许多用于制作色料的原料？阿拉伯炼金术文献中对此提取过程的早期描述支持这个想法。一种配方被归于炼金术士贾比尔·伊本·哈扬，但是这种配方的年代定期远远晚于哈扬在9世纪去世的时间，因此不过是借用他的名字来增加权威的许多类似作品之一。

根本的难题在于将蓝色的青金石矿物与杂质分离。大多数配方说，研磨后的青金石应该与熔化的蜡、油和树脂混合成糊状。随后，将这种糊状物用布包裹，在碱液的溶液中揉捏。蓝色颗粒被洗出，并沉淀在液体的底部。

自中世纪后期开始采用的这个过程由琴尼诺·琴尼尼进行了细致描述，我们从中得以窥见，工匠们为了获得这种最精细的色彩如何不遗余力：

> 首先，准备一些青金石。如果想认出品质好的石头，选择在你看来蓝色最浓郁的，因为它是像灰烬那样全部混在一起的。那种含有最少灰烬颜色的就是最好的。但要确保它不是蓝铜矿石，蓝铜矿石看起来非常悦目，有点像瓷釉。把它放在青铜研钵里碾碎，盖起来，使尘粉无法飞走；然后把它放在斑岩板上，无水加工。接着拿一只有盖子的筛子，如药剂师用于筛药的那种；筛它，如果发现有必要，就再次把它碾碎。记住，加工得越精细，得出的蓝色就会越好，但是颜色不像蓝紫色那么美……这种粉末全都准备好后，从药剂师那里为每磅青金石取六盎司松香、三盎司玛蒂脂和三盎司新蜡；把所有这些东西放入一个新的小瓦锅中，熔为一体。然后拿一块白色的亚麻布，把这些东西裹入一只上釉的盥洗盆里。再取一磅这种青金石粉末，将它们彻底混合，做成一块可塑物，全部结合在一起。再取一些亚麻籽油，在手上始终充分涂抹这种油，以便能够掌控可塑物。这种可塑物必须保存至少三天三夜，每天加工一点；记住，可以将其以可塑的形式保存两个星期或一个月，或你喜欢的任何时长。想从中提取蓝色时，采用这种方法：用一根粗杆子做成两根棍子，厚薄适中……然后把可塑物放在此前放置它们的上釉盥洗盆里；往里面放一小碗碱液，要相当暖热的；用这两根棍子，每只手一根，翻转、挤压和揉捏可塑物，翻过来覆过去，就像用手揉面团，方式是一样的。完成这一步，直到看到碱液已浸透蓝色，再把它倒入一只上釉的碗里。随后再拿出同样多的碱液，把它倒入可塑物，用两根棍子像之前一样加工。待碱液变得相当蓝时，把它放入另一只上釉的小碗，再把同样多的碱液倒入可塑物，然后按照通常的方式挤压出来……以同样的方式在许多天内持续这样做，直到可塑物不再使碱液着色；现在把它扔掉吧，它已不再有任何用处……每天都从碗里排出碱液，直到蓝色变干。待它们完全干燥，用皮革、膀胱或其他囊状物把它们包起来……[193]

不可思议的是这种方法竟然有效，人们即使到今天也没有完全弄清。它有可能取决于矿物颗粒的表面性质：青金石矿物最容易被水润

湿，因此首先离开“面团”，悬浮在溶液中。正如琴尼诺指出的，需要在新鲜碱液中进行多次连续揉捏以提取所有色料。最大的、颜色最浓郁的颗粒首先跑出来，而最后“洗下的污垢”中既有无色杂质也有蓝色颗粒。这种低级“群青灰”被用于生产浅蓝色油性釉料。“记住，”琴尼诺说，

> 如果有好的青金石，从前两种产出物中得到的蓝色将值八达克特一盎司。后两种产出物比灰烬还要糟糕，因此要谨慎观察，以免为了低级蓝糟蹋了上好的蓝色。[194]

不可想象的是，即使结果看起来不那么美，制造群青所耗费的成本和精力还是被承受下来。它的色相标志着从黄昏到夜晚的过渡，带着一点紫色来增加威严感。琴尼诺狂热地赞美它：“群青蓝是一种鲜明、美丽的颜色，最为完美，超越所有其他颜色；找不到任何词来形容它，也不知道拿它来做什么，它的质量无法超越。”[195]

象征和物质

我已经指出了色料方面的支出对绘画艺术造成的影响。使用群青不仅是为了显示财富，在中世纪的神圣作品中，更重要的是它把德性传递到绘画中。这一点在圣母无处不在的蓝色长袍上表现得最为明显（彩图10.2）。对修道士画家来说，此种材料的使用传达了恰当的敬意。但是随着艺术家越来越多地与富有的赞助人订立私人合同，就可以通过规定使用群青，不仅显示赞助人的财富和社会地位，还突出他本人的虔诚和功德。因此，例如，我们发现1417年的一份合同委托一位艺术家绘制圣母马利亚的一座祭坛，“用上好的颜色，特别是上好的黄金、上好的群青蓝和上好的色淀”。类似地，安德烈·德尔·萨托的《哈匹圣母》（Madonna of the Harpies，1515）的合同，要求圣母的长袍用“至少每盎司五弗罗林”的群青来表现。

由此看来，为什么基督的母亲如此典型地穿着蓝色，其原因相当世俗——这项惯例一直持续到文艺复兴之后很久。然而，历史学家经常试图从象征意义上证明选择蓝色的合理性：蓝色是“天上的”、属于精神的色彩，意味着谦卑或类似的东西（对于任何一种原色，人们不必费力就能找到合适的象征性关联）。包豪斯艺术学校最重要的色彩理论家约翰内斯·伊滕认为，“蓝色的孤独本性，以及它的柔和与深刻的信仰，我们在关于圣母领报的绘画中常常会遇到。内心在倾听的圣母，穿着蓝色”。[196]显然，色彩理论如果不能体察色彩的物质属性，就有可能忽视明显的东西。

然而，油画的出现对群青的显赫地位提出了挑战——在油料中它不再那么庄严。为了恢复完全饱和的蓝色，艺术家被迫增加铅白，从而破坏了材料的纯度。随着人文主义侵蚀了对表现宗教价值的材料的崇敬，这种技术上的危急情况无疑更容易接受；不过，它也可能强化了这种侵蚀。根据艺术史学家保罗·希尔斯的说法，“将白色加入蓝色这个看起来很小的变化，是中世纪色彩转向早期现代色彩的一个显著迹象”。

乔瓦尼·贝利尼是最早接受油画技术的威尼斯画派画家之一，在他的《阿戈斯蒂诺·巴尔巴里戈总督跪在圣母子面前》（Doge Agostino Barbarigo Kneeling before the Virgin and Child，1488）中，基督的母亲穿着的蓝色长袍只用了最低限度的铅白亮化，因此褶缝的立体感相当弱。但是贝利尼的学生提香在《圣母子与施洗者圣约翰和亚历山大的凯瑟琳》（Madonna and Child with Saints John the Baptist and Catherine of Alexandria，约1530）（彩图10.3）中，为圣母马利亚的长袍所绘的蓝色要浅得多；到了这个时候，画家在混合群青方面受到的约束已经越来越少，提香正在使用绘画技能，而不是依赖材料的主要属性来表现蓝色丝绸的丰富性。这种变化相应地又释放了艺术家，使他们能够创造范围更广的蓝色，希尔斯认为它有助于使文艺复兴时期的画布充满光亮：

> 只有克服了长期以来不愿将群青与白色混合在一起的心理，画家才能自由地发现在一个整体范围内不同亮度级别的蓝色的价值……到15世纪，蓝色正在摆脱它与繁星之夜，即天之穹顶的关联，转向白昼的快乐天空。[197]

滥用群青的倾向大多局限于意大利，主要是出于商业原因：其港口是色料流向西部的渠道。群青在北欧艺术中并不罕见，但运用得更加克制：一位评论家在1566年指出，群青在德国很少被发现。阿尔布雷希特·丢勒是极少数使用它的德国画家之一，他在给赞助人的信中曾大声抱怨群青的费用。1521年，丢勒在安特卫普购买的群青价格是土质色料的一百倍。

对于作画面积比木板画家大得多的壁画画家来说，这项巨大的支出几乎让人无法使用最好的蓝色。瓦萨里描述的一个例外，揭示了这种珍贵的蓝色在分配时是如何谨慎。他讲述佩鲁吉诺如何受佛罗伦萨的杰苏阿蒂男修道院委托画一幅湿壁画，其预算已经过扩充，以纳入珍贵的群青。杰苏阿蒂的修道士们本身就是佛罗伦萨最为知名的群青供应商，毫无疑问，这就是他们能负担得起的原因。

但该修道院院长担心，佩鲁吉诺可能会试图把群青替换为一些便

宜的材料，于是就在他作画的时候看着这位画家。受到这种不信任的冒犯，佩鲁吉诺顿起报复之心。将刷子浸入水性色料后，在将颜料抹到墙上之前，他暗中挤压笔毛。这样一来，佩鲁吉诺看起来就比实际上更快地耗尽了色料，因为笔痕是如此微弱。于是他不断要求加入更多的色料，这些色料都逐渐积累在底部。后面，当院长不在的时候，佩鲁吉诺又把这些值钱的东西恢复起来供自己使用。

遗憾的是，这个故事可能完全是杜撰的——但它传递的信息是足够准确的。它让人想起，当前拉斐尔派的丹蒂·加布里埃尔·罗塞蒂、威廉·莫里斯和爱德华·伯恩——琼斯在牛津大学画一幅壁画时，罗塞蒂打翻了一整锅天然群青，那时它还是极为昂贵的色料。不得不为此买单的委员会备感窘迫。

杰苏阿蒂的院长担心色料被调包成更便宜的类型，无论如何都是多虑了，因为在湿壁画中并无好的、令人信服的色料来代替群青。靛蓝易于变黑，大青则以难以运用著称。通常的替代物蓝铜矿，对湿壁画是无用的，因为它遇水会变成绿色：晶体吸收更多的水，铜改变其色相。蓝铜矿石可以在干燥的状态下（干壁画）涂覆到墙壁上，但这样会很不耐久，且易于剥落。结果，蓝色在中世纪和文艺复兴时期的湿壁画中并不显眼。一个华丽的例外是乔托在帕多瓦的阿雷纳礼拜堂的作品（约1305）（彩图4.3），这幅画似乎不计成本。普鲁斯特《追忆似水年华》中的马塞尔，提到了保存得惊人完好的壁画："整个天花板……和湿壁画的背景是如此之蓝，看起来那灿烂的白昼似乎随着参观者一起跨过了门槛。"

在16世纪后期，蓝铜矿的供应变得暂时短缺，于是对群青产生了更大的需求；这意味着意大利人占有了其中的大部分，因为群青是通过意大利的港口运出来的。在意大利以外，上等的蓝色的供应几乎遇到了一场危机。尚不明确的是，这是否解释了为何老彼得·勃鲁盖尔在《三贤王的膜拜》（The Adoration of the Kings，1564）中既不使用群青也不使用蓝铜矿，而是使用卑微的大青来表现圣母的长袍。但将近一个世纪后，西班牙人弗朗西斯科·帕切科写道，在西班牙即使富有的画家也无法获得群青。

蓝血

虽然情况并不总是这般糟糕，上等的蓝色在数百年中对画家来说仍然是奢侈品。与红色（朱砂、红铅、茜草红和胭脂红色淀）和黄色

（印度黄、藤黄、那不勒斯黄、雌黄、铅锡黄）相比，蓝色的选择范围极为有限。大青和碳酸铜蓝是与蓝铜矿近似的廉价备选对象，但在数个世纪中，靛蓝是与群青有着类似的深色色调的唯一替代物。然而，这是一种拙劣的替代，其淡淡的绿色调无法媲美群青的华丽紫色。

18世纪初，由于柏林颜料制造商迪斯巴赫的一次偶然发现，这种情况有所缓解。这就是那种快乐的意外，在艺术家的颜料史上发生过多次，事实上在一般的技术创新中也不少见。我强烈怀疑，如果细节长久以来没有在时间这部书中成为被遗忘的传说，我们还会发现同样的情景伴随着更古老色料的出现。迪斯巴赫本来想制造一样东西，结果却造出了另一种，这是不纯试剂那令人愉悦的“受害者”。化学的进步主要依赖于蒸馏者、精炼工和制造商的粗心，当然，我这么说没有不尊重他们的意思。

迪斯巴赫当时正在制作胭脂红色淀，要用到硫酸铁和钾碱。他从一个名叫约翰·康拉德·迪佩尔的炼金术士那里获得了钾碱，迪斯巴赫就在他的实验室里工作。据推测，为了节约成本，迪斯巴赫请求迪佩尔给他一批被动物油污染过的钾碱，这些钾碱正要被丢弃。迪斯巴赫很快就发现，这样节约是不对的，他得出的红色色淀极为浅淡。既已弄糟，那就全力补救，于是他试图加以提纯，随后颜料先是变成紫色，再变成深蓝。

迪斯巴赫感到困惑，欠缺化学知识的他于是向迪佩尔讨教。这位炼金术士推断，蓝色来自硫酸铁和被污染的碱之间的反应。他能说出来的也就这么多了；但事后回望，我们可以看出，碱已经与迪佩尔那从血液制备的油发生了反应，生成亚铁氰化钾（一种在德语中仍被称为Blutlaugensalz的化合物）。亚铁氰化钾随后与硫酸铁结合，形成被化学家称为亚铁氰化铁的化合物，其色料名称普鲁士蓝更为人所知（即使是对化学家们来说）。

迪斯巴赫是在1704年和1705年之间完成他的偶然发现的，这种蓝色物质很快就在柏林作为艺术家的材料投入生产。化学文献中似乎都没有提到它，直到1710年，《柏林杂记》（Miscellanea Berolinensis）上的一次匿名交流盛赞它的美感，并主张把它作为一种“比肩甚至胜过群青”的颜色。

这份报告继续声称：“它是无害的：这里面的东西都不含砷；没有什么不利于健康，而是一种药物。那些由糖制成的东西可以用这种颜色涂抹后吃下去，毫无危险。”令人惊奇的是（考虑到其含有氰化物），事实基本如此：这种色料没有显著的毒性，还被用于化妆品。

关于合成过程，法国化学家让·埃洛于1762年指出："恐怕没有什么比获得普鲁士蓝的过程更为特别；必须承认的是，如果不假偶然机会之手，则必须有深刻的理论来发明它。"事实无疑如此。合成过程被当作秘密、怀着猜疑守护着，直到英国人约翰·伍德沃德从德国获得了一份对此过程的描述，他立即于1724年在《皇家学会哲学会刊》（Philosophical Transactions of the Royal Society）上加以公布。他叙述的方法太过详尽，其实没有必要；关于获得的产物人们知之甚少，以至于没有人可以确定什么是必不可少的，什么不是。

到了这个时候，迪斯巴赫的学生德·皮埃尔也在巴黎制造这种色料，迪斯巴赫把配方告诉了他。（由于这个原因，这种颜色也被称为巴黎蓝。）德国化学家格奥尔格·恩斯特·施塔尔详细描述了这种蓝色色料在1731年的发现过程，到1750年，它在欧洲已广为人知。普鲁士蓝的价格只有群青（在1770年为每磅2几尼[198]）的十分之一，是极有吸引力的替代品。18世纪后期的画家们，包括托马斯·庚斯博罗和安托万·华托，经常使用它。

普鲁士蓝的丰满色相使一些色彩理论家和技术专家把它列为"原色"蓝的候选对象。雅各布·勒布隆在早期尝试三色印刷时，就是按原色来使用它的。虽然由于颗粒极细而呈半透明，普274鲁士蓝其实具有很高的着色强度——在白色中加入一点点就能赋予强烈的蓝色。在美国，这种颜色以特有的美国式直率被称为"铁蓝"，最迟自1723年起便被用作房屋涂料，并且也被证明适合作为丝绸和棉布的染料。

艺术家和颜料商更为谨慎。1850年，乔治·菲尔德评论说，它"在纯度和亮度方面绝对无法媲美钴和群青，也没有后者那完美的耐久性"。在《古代和现代颜料》（Ancient and Modern Colours，1852）中，W. 林顿称它为"对着色师来说丰富而迷人的色料，不能过于依赖，但又难以避免"。

19世纪，这种颜色变得越来越不那么"难以避免"；不过，从18世纪到20世纪的画作中，不难发现普鲁士蓝。到1878年，温莎＆牛顿公司已经在出售一系列基于这种材料的颜料——不仅是普鲁士蓝本身，还有安特卫普蓝（混入白色）和另外两种由它和藤黄混在一起形成的绿色。威廉·贺加斯、威廉·布莱克和约翰·康斯太勃尔都是用它混合绿色的人，它也出现在莫奈、梵高［尤其明显的是在《日本姑娘》（La Mousmé，1888）中］和毕加索所用的蓝色中；对于毕加索来说，相比于钴蓝或群青这些明亮色调，其略带灰绿的色调在"蓝色时代"更适合他的忧郁目的。虽然不是现代画家最受欢迎的颜色，普鲁士蓝已被英国艺术家和雕塑家阿尼什·卡普尔以引人注目的方式运用；在《万物内心之翼》（A Wing at the Heart of Things，1990）（彩

图10.4）中，卡普尔将其与树脂结合成浆料，涂在轮廓上。

普鲁士蓝和相关的亚铁氰化物颜料今天仍然大量生产（方法远为简单），主要由于价格低廉而作为商业涂料受到青睐。这种蓝色也被用作印刷油墨，直到被苯胺染料取代。

合成高贵

然而，对于艺术家来说，普鲁士蓝仍然不能取代群青。和靛蓝一样，它带有淡淡的绿色调；正如乔治·菲尔德所说，它可能不太稳定[275]。到了19世纪的黎明，人们仍在竭力寻求强烈的、经济上能够承受的蓝色。

到那时，化学家已经接受了一个观念，即自然的无机材料可以通过实验室合成重新创造出来。化学家的技艺必定能够召唤出人造群青吗？

合成需要知道化学成分，令人沮丧的是，那是难以捉摸的。问题是，用多种元素合成群青（更恰当地说是合成青金石矿物）不仅复杂，而且充满了变数：钠和硫（有时是钙）含量可能不同，并且一些样品在晶格中还含有氯离子或硫酸根离子。

1806年，法国化学家J. B. 德索尔姆和F. 克莱芒在《化学纪事》上发表了对群青组分的第一次精确分析：他们说，这是一种苏打、二氧化硅、氧化铝和硫的化合物。这让人们得以在随后识别出各种工业化学过程，尤其是制造苏打的杂质和副产物产生的明显类似的蓝色化合物。事实上，这种物质已经为人所知有一段时间，虽然人们对它们的化学性质了解甚少。1787年，歌德对意大利石灰窑中发现的蓝色沉积物发表了评论，指出它们经常在当地的装饰作品中被用作青金石的替代物。因此，这是通过合成方式制造这种正品的一个线索。

1814年，法国化学家M. 塔萨尔特请尼古拉·沃克兰分析从一家玻璃厂的苏打窑中获取的蓝色材料。沃克兰报告说，该物质在组成上与德索尔姆和克莱芒提出的群青配方相似；塔萨尔特于是向全国工业促进协会建议，称化学家或许可以使用这种见解来开发人造群青。1824年，协会采纳了这个想法，提供6000法郎以奖励任何设计出可行生产工序来制造群青的人，不过前提是产品能以每公斤不到300法郎的价格销售。此类诱饵之前也有过：英国皇家艺术学院在1817年曾[276]提供一笔总额小得多的奖励，为实现同样的成就悬赏。

6000法郎足以吸引各种各样的骗子，最初来申报奖励的只不过是改头换面的普鲁士蓝或1802年发现的钴蓝。但在1828年2月，协会确定，来自图卢兹的颜料制造商让——巴蒂斯特·吉梅完成了任务。吉梅在巴黎创立了一个群青制造工坊，之后立即开始以每磅400法郎销售——价格大约是其天然色料成本的十分之一。吉梅赢得了奖金。

然而仅仅一个月后，协会就收到一名竞争者对奖金的主张，他是来自图宾根大学的德国化学家克里斯蒂安·格梅林。关于这种色料，格梅林独立地发现了一个略有不同的制作过程——此外，他说，他一年前就完成了，只是当时没有公布。吉梅回敬称，事实上他早在1826年就制作完成了自己的工序，但一直保密，直到告诉协会。

这件事争议了许多年。吉梅最终显然能够证实自己的主张，这让法国的委员会（即使不能让法国以外的人）感到满意，所以奖金仍然是他的。结果，人造群青甚至直到今天仍被称作“法国群青”。

德国人F. A. 克蒂希没有参与这场争夺，但作为第三位实业家，他与吉梅和格梅林大约在同一时间也开发了一种制造方法。他的生产基地是位于迈森的瓷器工厂，在那里他于19世纪30年代制造群青。吉梅于1830年在索恩河畔弗勒里厄开始工业规模的生产，很快就有工厂在法国和德国的其他地方生产这种颜料，随后英国、比利时和美国也开始生产。

吉梅和格梅林的方法都是基于相同的过程，就是把所有必要的元素扔在一起，加以烧煮。将瓷土（高岭土，一种铝硅酸盐）、苏打（碳酸钠）、木炭、石英或砂（硅石）和硫的混合物在炉中加热，对得到的绿色玻璃状物质（“绿色群青”）加以研磨和洗涤，以除去可溶的杂质。干燥的绿色材料被再度加热，转化为蓝色物质，然后再次洗涤，并研磨以产生色料。产出物的精确颜色可以通过改变各种成分的含量来调节。

想象中有人可能认为，鉴于与天然群青相关的成本，艺术家会张开双臂欢迎合成产品。事实则更为复杂，或许反映了对群青长期怀有的敬畏之心。工业熔炉得出的产品真的能提供相比肩的东西吗？然而，法国化学家J.-F.-L.梅里美记叙称，吉梅的群青被安格尔用于《礼赞荷马》（The Apotheosis of Homer）中，这幅作品的创作年代为1827年，那时吉梅甚至还没有申报奖励。这肯定有助于支持吉梅的优先权要求，更不用说在保守的安格尔身上揭示出一种进步的倾向。

透纳很有兴致试验新型色料，有证据表明，他在19世纪20年代后期曾将合成群青用作水彩颜料。然而，没有明确的迹象表明，透纳冒

险将这种新材料用在了油画上，除了一个事实：在他的两块调色板中找到了人造群青，其中一块是他在1851年去世之前最后使用的。事实上，据说透纳曾想从其他人的调色板上自取一些群青，用于皇家美术学院一幅悬挂着等待上光的作品，但有人大喊那是“法国的”，也就是说是合成的，于是他便作罢。19世纪上半叶，这种人造色料在英国声誉不佳，其实有些冤枉，而透纳显然受到主流观点的影响。乔治·菲尔德的意见对透纳来说颇有分量，前者继续从青金石中制造自己的群青。

然而，成本之间的显著差异还是不能忽视。19世纪30年代初期，天然群青在英国是每盎司8几尼，而合成群青每磅价格在1到25先令之间：差别在100到2500倍之间。此外，尽管有种种谣言，其合成材料与天然材料其实同样耐久。到19世纪70年代，人造群青成为画家的常用蓝色——甚至比钴蓝更为常用，毕竟钴蓝明显更为昂贵。它在印象派画家的调色板，特别是在雷诺阿密集使用蓝色的《伞》（The Umbrellas，约1880—1885）中发挥着显著作用，也被塞尚用于精致的混色。梵高《麦田和丝柏树》（A Wheatfiel，with Cypresses，1889）中的亮蓝色也靠它来表现。

20世纪的蓝色

看到群青作为中世纪无可争议的色料女王，在20世纪落魄成随时能够买到的另一种蓝色，让人难免有辛酸之感。这是绘画材料常常经历的命运轨迹：从奇异的、显赫的外来物品，带着稀有香料或熏香的全部神秘，变成廉价商品。但也许这个观点过于消沉了，毕竟艺术肯定受益于调色板的巨大扩展。随着更多色调的蓝色被引入，这个过程一直持续到了20世纪。

两种新色料于1935年到达：单星蓝和锰蓝。第一种是由帝国化学工业公司的铜酞菁制成的色淀色料的英文商品名。对它有很多溢美之词，比如说它是“自普鲁士蓝和人造群青以来最重要的发现”，其巨大的商业影响也无人怀疑。作为蓝色色料，它完全没有群青的华丽色相；单星蓝的重要性在于，它几乎能完全吸收红色和黄色，同时透射或反射蓝色和绿色，这就使其成为三色印刷可用的理想青色（见第十二章）。

锰蓝是附着于硫酸钡颗粒的锰酸钡，同样显示出微绿色。它于1935年被德国颜料卡特尔法本公司申请专利，最初用于为水泥着色。

锰蓝从来没有成为艺术家的主要色料——这些日子，蓝色颜料市场太不景气，除非能提供极为特别的东西。

正如本章开头所指出的，我们不需要费力寻找就能在20世纪的作品中看到蓝色主题。我希望特别说一说伊夫·克莱因：由于对颜料技术不同寻常的投入，克莱因发明了一种新的蓝色，以他的名字命名。

克莱因在20世纪40年代末和50年代初的早期单彩画，使他对于黏合剂在色料上的效果感到困扰。他喜欢干粉末的浓郁度——“如此清晰而有光泽，如此古老的亮度”，但又意识到，一旦与黏合剂混合形成颜料，它们总是会有所减弱：

> 色彩的情感魔力消失了。看起来，每个粉末颗粒已经被胶或任何把它固定于其他颗粒以及基底的材料逐个地消灭了。[199]

克莱因渴望找到一种方式来保持纯色的强度，从而实现其全部潜能来唤起观看者的情绪。

他向爱德华·亚当求助，亚当是巴黎的化学品制造商兼艺术家材料零售商。在亚当的帮助下，克莱因于1955年找到了解决方案：一种名为罗多帕M60A的定色剂树脂，由罗纳——普朗克化学制品公司生产，可以通过与乙醇和醋酸乙酯混合来稀释。克莱因说：“它赋予色料微粒完全的自由，就像它们以粉末形式存在时那样，它们或许彼此结合，但是仍然是自主的。”[200]对克莱因来说，产生的无光泽天鹅绒肌理具有一种“纯能量”，让色彩的每一个细微之处把自身显示为“与原色属于同一种类的活物”。他使用黏合剂创造有肌理的单色表面，颜色壮观，包括金黄色和深玫瑰粉红色。然而，克莱因发现观众之所以欣赏自己那明亮的画布，似乎很大程度上是由于其装饰效果，而这完全不是他的本意。于是克莱因决心对自己加以限制，以单一颜色作画。这样一来，此种颜色就必须是真正不同寻常的。

有什么会比琴尼诺那卓越的群青更加特别，虽然现在它已是合成化学的产物，离开了其矿物来源？然而，琴尼诺喜欢的是这种材料的富丽堂皇，克莱因则被某种更抽象的东西吸引，那是一种蓝色的观念，将引领观众超越任何表面的辉煌。对他来说，实现这种蓝色所涉及的技术成就，只是通向概念目的的一种手段。由此看来，他在1960年为这种新颜色申请专利为“国际克莱因蓝”，与其说是商业行为，倒不如说，一方面是对他的媒介所代表的形而上学观念的正式确认，另一方面也是确保其他人不会以破坏“这种纯粹理念的真实性”的方式来使用它。

克莱因1957年在米兰举办的“蓝色时代宣言”展览，公布了他一系列的蓝色单彩画。为了强调他想要超越表面的意图，克莱因为每块画布定了不同的价格，尽管事实上所有画布都“完全相同”。他认为，价值应该反映出创作作品时情感的强度，而不是它“看起来的样子”。得到的成品仅仅是创造力的记录。这种对制作过程（making）的强调是克莱因对现代艺术的一个持久贡献。

米兰画展取得了巨大的成功。巴黎是先锋派精英容易陷入激烈的派系纷争的地方，此处对这次画展的反应更为复杂。不过，克莱因的大胆概念很快为他赢得了国际赞誉，并得名“克莱因单色”。

这些闪烁着微光的蓝色作品，主要通过前缀为“IKB”[201]的编号系统来识别（彩图10.5），要想充分领会必须观赏真迹——任何复制品都无法显示其真正水平。克莱因用辊子或海绵来施用颜料，从1958年开始他又把辊子或海绵融入作品本身，用树脂保存并用蓝色色料浸渍。

随着克莱因的作品扩展到新的概念领域，包括他那专注于虚空的气动时代、他与让·廷格利合作的动力雕塑，以及他的身体印记，克莱因基本上仍然忠于他的蓝色宣言。《广岛》（Hiroshima，1961）在更深的蓝色空间中捕捉蓝色剪影，其远远伸出的肢体让人回想起原子弹下被蒸发的受害者那幽灵般的白色影子。《人类开始飞行》（Humans Beginto Fly，1961）那欢快的蓝色轮廓标志着他的信念，即人类可以超越身体的限制。克莱因于1961年在意大利卡西亚圣丽塔女修道院神龛放置的精致的祈愿奉献物（Ex Voto），通过呈现封闭在透明塑料中的未经掺杂的色料，把他颜色上的目标带向逻辑上的结论（彩图10.6）。这里的祈祷伴随着从中世纪沿袭下来的三原色：群青、金子和一种取代朱砂的完全现代的深粉色。

在《蓝色地球》（Blue Globe，1957）和关于地形学的《星球救援》（Planetary Reliefs，1961）那涂着国际克莱因蓝的世界中，克莱因揭示了对一颗行星的乌托邦视野，气候调节的“永久奇迹”使这颗行星显得舒适而和谐。没有什么比尤里·加林林[202]于1961年所说的话更能让人对这一视野加深印象：“从太空中看，地球是蓝色的。”一年后，即1962年，克莱因英年早逝。

第十一章 时间这个画家——不停变化的画布

在现代艺术的历史中，颜色的使用和滥用足以构成一个悲伤的篇章，它讲述的是严重的无知，以及更为严重的冷漠。

——乔治·菲尔德，《色谱法》（1869）

一种被称为红铅的颜料……只适合用在画板上；如果用于墙上，它暴露在空气中会很快变黑，失去颜色。

——琴尼诺·琴尼尼，《艺匠手册》（约1390）

“修复”这个词选得很不好，严格说来它表示的事是无法做到的。一幅画的真正修复，显然只有原作者才可能做到。

——马克斯·德尔纳，《艺术家的材料》（1949）

提香的《酒神巴库斯与阿里阿德涅》在伦敦国家美术馆的墙上光彩照人，令人难忘地证明着威尼斯人对强烈色彩的热爱。但是，在1967年至1968年清洗这幅画作之前，我们会有多么不同的印象！光芒四射的蓝铜矿色天空曾是朦胧的略带棕色的锦葵紫，整个画面弥漫着一种昏暗，使“肉汁棕色”最浓的康斯太勃尔看起来绝对容光焕发（彩图11.1）。

不足为怪的是，清洗后的画作在露出本相时引起了愤怒。即使公众已经适应20世纪艺术的大胆色相，却仍然被这个想法弄得措手不及：提香的色调同样刺目。至于对古代大师们的态度，自维多利亚时283代以来，公众的品味似乎没有什么改变；在维多利亚时代，灾难性的“修复”（restoration）工作将艺术中最辉煌的形象之一变成一团昏暗的乱麻，还被认为与保守审美观的朴素偏好和谐一致。

从《酒神巴库斯与阿里阿德涅》的可怜命运中，我们可以看

到“修复”在早期时代的准确意义。虽然在1806年至1807年清洗后接近当今的状态，颜料表面还是严重剥落，部分是由于画作在16世纪和17世纪被卷起来了（在画布而不是画板上作画的一大风险！）。为了解决这个问题，画作受损最严重的地方进行了重新绘制，渐渐地，它便成为以19世纪和20世纪早期风格进行重新诠释的殖民地。每一次重画都加上一层厚厚的蜂蜜状上光油，那是维多利亚时代修复人员钟爱的。所以，现代的“清洗”实际上要刮去多层上光油和颜料。

但至少，清洗是绝对必要的。我经常感到困惑，为什么梵高的《向日葵》（Sun Flowers）受到如此高的评价——这件作品看上去单调乏味、死气沉沉，不是这位艺术家的典型风格。原因在于，我们没有看到艺术家画的是什么。那些肮脏的赭石曾经明亮，后来色料（铬黄）却随着时间的推移而退化了，我们看到的不过是真实绘画的影子。马克斯·德尔纳认为，在这种情况下，我们应该感谢时间让向日葵变得更为神秘。我不敢苟同，并认为梵高的画作在艺术领域里几乎是最不神秘的了。尽管如此，《向日葵》绝不是这位荷兰画家被时间不可挽回地改变的唯一作品。

于是我们可以看到，画作永远都没有完工。没有哪位艺术家画过在时间中凝固的图像；所有绘画都是一个永恒的过程，随着时间着力于色料，每一个场景注定要重新调整色调对比。当约翰·拉斯金说，“你作品中的每一个色相，都被其他地方增加的每一笔所改变”时，他可能补过一句，“也被随后发生的一切所改变”。当艺术家已经归于尘土数百年，时间——有时被比作过于热心的修复人员——仍在继续重塑着色彩，让这里变暗，那里变淡，嘲笑我们试图以权威的姿态宣布图像创作者在色彩运用上的意图。即使是简单的清洗行为，正如一位绘画修复人员所指出的，“也是在进行批判性的解释”。

我们不得不问：是否有哪幅作品有“原始”版本？在基本上变成层层叠加的复制品之前，画作能承受多少修饰，无论修饰时多么细致？在伦敦的维多利亚和阿尔伯特博物馆，在令人生畏的保护性昏暗光线中挂着的德文郡狩猎挂毯，据说是经过大幅翻新，原件连一针都没有保留下来（但仍然被视为真品）。当唯一的视觉参照是五百年前的色料斑块时，追问我们是否可以极为详细地谈论（比如）威尼斯文艺复兴时期的色彩运用，就是合理的。如果艺术家施用颜料时，知道时间会调和它们，那么“真实”色彩的问题又会变得多么复杂！

本书当然是基于这样一个假设，即我们对于从前时代的艺术中的色彩运用，能够进行有意义的讨论。我认为我们可以对此怀有信心：对色料样品的用心恢复和仔细分析，能让我们相当详细地复原艺术家的意图和技法。此外，要想推断艺术家对色彩的态度以及材料对这种

态度的影响，没有必要去看作品在绘制时究竟是何模样。然而，在本章中，我们将更仔细地看看时间在艺术中发挥的作用——因为本章和下一章都以格言的形式提醒我们，不应该过分相信我们对艺术的视觉领会。看到的就是我们理解的，但不一定是我们想要理解的。艺术家的材料可能是大美的物质，但也是不可信的。

拯救过去

任何一家大的美术馆都要有专门的保护工作者团队，以免藏品迅速落入糟糕状态。这些团队提交的技术报告读来让人清醒。在这里，你可能会遇到最喜欢的画作，比如《酒神巴库斯与阿里阿德涅》，在保护工作者加以处理之前，它们几乎无法辨认。很快，你就会带着怀疑的眼光徘徊在美术馆里，问自己：这是修复前还是修复后的？这些天空真的应该如此冲洗吗？这些绿色真的如此昏暗吗？遗憾的是，许多变化是不可逆转的，但是识别它们的能力让人能够重新评估图像，感受到这些群青变黑之前、那些红色色淀褪色之前，该有多么美。你很快就开始认识到，若不了解色彩如何老化，就不应该对画作进行批判性分析。

修复重要作品是一项繁重而艰巨的任务，许多不那么杰出的画作悬在美术馆的墙上，永远没有机会排到修复队列前面。伦敦国家美术馆里汉斯·霍尔拜因的《使节》（The Ambassadors），最近被修复出了原有的荣耀，对于每一幅类似的画作，都会有半打左右次要的画布永远被湮没，成了棕色。

为了体会一幅名画身上可能会发生什么，以及其如何影响我们对它的感受，来看一下柯西莫·图拉那光彩夺目的《寓言人物》（Allegorical Figure，约1459—1463）（彩图11.2）。这是主要用油料绘制的最早的意大利画作之一。所用的色彩美不胜收，由一种罩色技法绘成，带有明确无误的荷兰标记。一般认为，这幅画是这位意大利画家对罗吉尔·凡·德尔·维登作品的回应，凡·德尔·维登在1450年访问意大利期间可能与图拉见了面。

没有人知道主题是什么——这是一个深不可测的形象，由此而更为引人注目。图拉笔下坐着的人物凝视着远方，带着一种神秘的近乎怪异的宁静。但是，我们能否从20世纪50年代一个评论者的描述中看出她是一个“冷血的恶魔”？看起来，这就是她在20世纪80年代的清洗和修复工作之前的样子。颜料表面的开裂，以及一些变色而迟钝的修

饰，为这个形象留下狰狞的表情。此外，她那用高光和阴影精细塑造的脸，那时显然退化成了平面的、“面具般光滑”的容颜。显然，时光的变迁改变了这幅画的整体色调。

当美术馆里的保护工作者深入这幅画作的历史，去揭示损害的起源时，他们发现了一个悲伤的故事。这幅画最初属乔治·索姆斯·莱亚德所有，莱亚德在1916年去世时将其遗赠给国家美术馆。1866年，莱亚德确定画作需要翻新，于是把它与其他几件作品一起送给米兰的修复师朱塞佩·莫尔泰尼。这项工作收费可不低：莱亚德抱怨，他花费的钱与当初为购买这些画支付的钱一样多。

莫尔泰尼采取的态度在当时并不反常，他认为送到自己这里来的作品将受益于以“提升”为目的进行的改造，使它们更符合19世纪的趣味。这可能涉及大幅度的重绘。幸运的是，图拉轻巧地逃脱了，也许只是由于莫尔泰尼试图减少粉红色衣纹那深色阴影的对比，让它受了些损伤。然而，莫尔泰尼似乎为这种鲜艳的颜色涂上了一层棕色上光油。这种棕色并不是上光油制造过程中的任何缺陷造成的，而是完全有意的。莫尔泰尼用淡黑色和红棕色色料（例如卡塞尔土）为他的上光油染色。经过这番“高雅”的修改，画作返回了它的主人手中。

随后在1921年，国家美术馆穿越整个伦敦把画作送到维多利亚和阿尔伯特博物馆，对木制画板进行防蛀处理。由于是在隆冬时节从室内取出来的，当暴露于温度和湿度的变化时，画板可能发生了翘曲，导致颜料表面开裂。在维多利亚和阿尔伯特博物馆，画作被用氯仿熏蒸——后来才发现，这使颜料受到伤害，起了气泡。如果用了绿色树脂酸铜，损坏就会特别严重，因为有机溶剂在颜料中会使树脂发生软化和膨胀。

1939年，有人曾试图修复剥落部分。画板被送往一家商业修复公司，这家公司试图用一些沉重的工具按压松散的碎片，把它们重新附着上去。然而事与愿违，许多碎片直接粉碎、溃散了，颜料就这样丢失了。其中最严重的损害，后来进行了手工修饰。

20世纪80年代保护工作者的第一项任务，就是去除过去约一个世纪在画板上积累的所有污垢。棕色上光油和后期修饰相对容易用甲基化酒精擦掉。在一些受损的区域，如粉红色长袍上的剥落处，已经施用了厚厚的黑色颜料，这些颜料被用解剖刀小心地刮掉了。

这一清洗过程揭示了画作的一些特征，这些特征在此前是模糊的，如右手边下方奇怪的阵阵云雾，以及粉红色长袍和淡粉色大理石之间的颜色差异。女人的脸复原了最初的、更温柔的表情。使用胶水

和热抹刀，颜料的气泡和薄片被重新附着上了。

然而，这幅清洗过的图像看上去令人沮丧：交织着细密的开裂之网，在一些地方人物看起来像是透过网格看到的（图11.1）。保护工作者拿定主意，认为这种开裂应该保留下来——毕竟，这是老化过程不可避免的方面，是一种被称为“龟裂纹”的显示真实性的印记。但如果画作想完全适于展示，对颜料进行一些修饰是必不可少的，特别是在脸部区域。实现这一点，使用的是与图拉工坊中那些主要色料尽可能紧密匹配的色料，以现代调色剂黏合。缝隙被一点点填充，直到开裂变得不过如细线一般。在损坏特别糟糕的情况下，修饰者则根据画作的老照片来操作，这些照片是当画作还在威尼斯的莱亚德藏品中时拍摄的。

得知这样的作品通常被覆盖以当代的细微笔痕，而不是代表着文艺复兴时期大师们纯粹的手艺，可能令人感到失望。但很显然，若非如此，则要么面对一个扭曲和褪色的版本，经过调整以迎合另一个时代的错位评判，要么得到一个破碎的表面，从中很难看出画作最初的力量和鲜明。

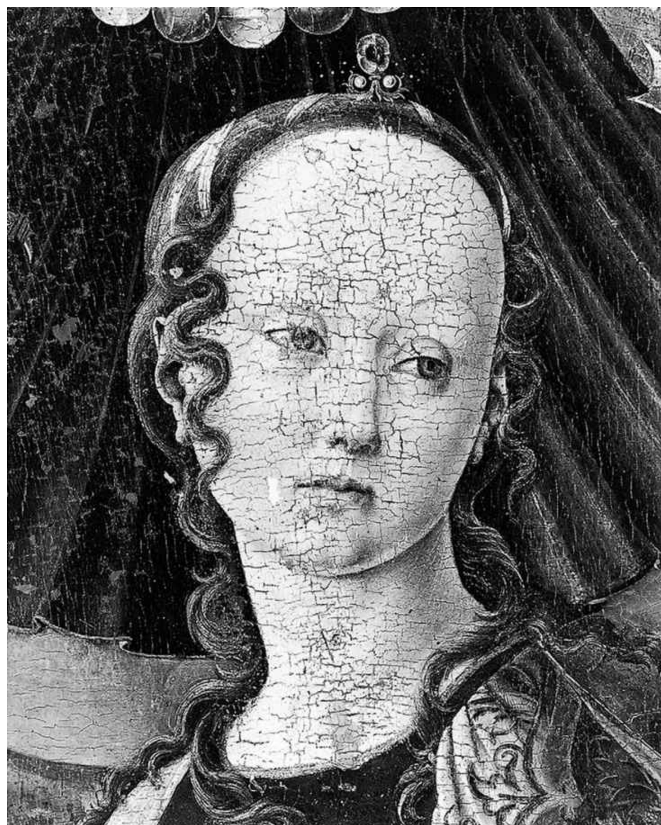


图11.1 清洗后、复原前，图拉的《寓言人物》遍布开裂网格。

我们可以从一个事实得到些许安慰，即今天美术馆的维护观念将重点放在保护而不是修复上。重绘有时不可避免，但是通常会控制在最低程度，[203]并且多数努力放在维持画作的原始完整性上，而不是（徒劳地）试图重新绘制，让它永远保持颜料第一次干燥时的样子。也就是说，保护工作者寻求的不是完成绘画，而是创造一个平衡的整体，创造性地与损坏和老化合作，而不是掩饰它们。在一些情况下，大面积的损坏根本不加修饰，而只是呈现为空白的中性色，让观看者可以看到它们在哪里，又不为它们分心。在明亮的区域可能留下少许污垢，否则，这些区域色料老化上的差异会使它们与更柔和的周边不一致。正如恩斯特·贡布里希对修复工作者进行的解释那样，“我们期待于他们的，不是恢复单个色料的原始色彩，而是某种远为棘手和微妙的东西，那就是保存［色调的］关系”。[204]

为图拉的画作进行修复工作有一个意想不到的收获。为了确定重绘区域，用X射线对画板拍了照。这就突出了强烈吸收X射线的色料，

例如含铅的那些。X射线显示了一个王座的轮廓，王座背靠一排类似管风琴的高高的柱子，显示出艺术家最初有完全不同的安排。这幅画在完成过程中完全改变了，这在15世纪是极不寻常的。我们可能永远不知道发生了什么事改变了图拉的计划。

表皮之下

肮脏的上光油和开裂是我们欣赏绘画的物理障碍，就其本身来说，它们的影响通常可以或多或少地消除。但化学反应就不那么容易处理了。正如铁会生锈一般，铜会腐蚀，银也会无光，因此把色彩赋予颜料的化学化合物易于与空气中的物质或与光发生反应。这些化学反应会改变它们的外观，有时幅度很大。铁栏杆或铜屋顶可以通过刮去变色的表膜来加以清洁，木材或画布上的色料薄层却会由于这样的反应完全改变，通常也没有简单的方式将其恢复到原始状态。画家如果想创造出能传诸后世的作品，色料的变色可能是各项危险中最令人不满的。

情况一直是这样。化学的进步让人能够更好地理解使颜色退化的工序，但是不一定能提供更好的手段来防止它们。化学提供的颜色越来越多，同时也为它们的退化创造了更多的可能性。此外，艺术家还会用材料做试验，但他们已不再是化学家，很少能预见到这种探索行为的后果。颜料公司现在会定期测试自己销售的颜料的耐久性（20世纪之前他们不一定会这么做），却无法总是预料到艺术家将如何使用它们。

所以，艺术家材料的不可靠性在各个时代一直引起抱怨。我们在前面的章节中已经看到了一些例子。乔舒亚·雷诺兹尤其喜欢把时间用在一知半解的实验上，据说他的许多画作“几乎一离开画室就毁了”。1805年，美国画家奥古斯特·沃尔·考尔科特描述了英国艺术家约翰·奥佩如何“观察到画家被他们的工具所控制，就像工具被他们控制一样，似乎认为这门技艺大部分要取决于材料”。很可能，奥佩当时满脑子想的都是雷诺兹。

然而，我们如何知道，现在类似黄赭石的东西曾经是鲜明得诱人的柠檬黄？如何知道这一块浅粉红色离开画家的画笔，就成为玫瑰色的胭脂红色淀？要想知道一幅画是如何老化的，就要能够识别所使用的色料。这是如何做到的？

这个问题不仅涉及画作的衰变，而且与本书的整个主题相关——因为有人会很合理地问我，基于何种权威我说在提香会使用群青的地方丢勒使用蓝铜矿。专家确实可能极为深入地探究，紧盯着偏绿的蓝铜矿和偏紫的群青之间的色相差异。但是，若不对色料的身份进行科学分析，没有哪位历史学家或保护工作者会如此深信不疑。

化学家具有一系列了不起的方法，来检测这种或那种元素或离子的存在。溶解在水中的铅化合物在暴露于硫化氢气体时，会释放出浓黑色硫化铅沉积物；当与氯化钡混合时，可溶的硫酸盐会沉淀出白色硫酸钡。如果正在分析的是一堆粉末，这样的测试完美适用。但没有人会允许你从莫奈的画中刮下所有的黄色，以便分辨出其组成成分。色料分析通常必须使用最小的材料碎片，例如用锯下的皮下注射针的针头挑下来的。偶尔，甚至如此尺度的作品也可以应用“湿式”化学测试，不过有时是在显微镜下进行的。但通常情况下，需要用更复杂的方法来明确识别一种色料。

对于现在能够获得的许多色料，是有可能做一些概括的。光谱技术属于这样一类技术，其中样品的化学成分吸收一些特定波长的辐射：这是一种声称我们在测量色料色彩的详尽方式。但与“红橙色”“亮绿色”之类的简单描述相比，这是一种更加精确和定量的对颜色（因而也是对化学特性）的评估：这种评估确定在每个波长上吸收多少光。而且，相关的“颜色”可能落在可见范围之外——例如，所吸收的辐射可能由X射线或红外线组成。

用于检测特定元素的最佳光谱技术之一被称为能量色散X射线分析（EDX），它是一种测量由样品发射而不是被样品吸收的特定波长的方法。实际上，当受到电子束（如在电视机内产生的）刺激时，样品就会带有某种“颜色”（即某一波长）的X射线的光亮。激光微光谱分析技术大致也是如此，其中激光脉冲被用于突然加热样品，使其汽化。随后，蒸汽在两个带电电极之间通过，触发火花。火花更像是电子束，但是比在能量色散X射线分析中使用的能量更低；它刺激辐射的发出，这种辐射通常处于可见范围内，并且能诊断存在的元素。

辐射的吸收而不是发出，提供了傅立叶变换红外（FTIR）光谱分析的基础，其主要涉及的是在比可见光的波长更长的波长下，观察红外范围内样品的“颜色”。当原子之间的键被辐射激发成共振振动时，化合物会吸收红外辐射。共振频率是化合物中存在的特定化学键所特有的。

在显微镜下观察微小的样品，可以获得光谱分析无法提供的洞察。例如，如何才能分辨一个19世纪的群青样品是天然的还是合成

的，在两者的化学成分基本相同的情况下？透过显微镜看到的色料颗粒的形状，可以很好地说明材料的制备方式。青金石的研磨通常产生尺寸差别很大的颗粒，而人造色料往往由更圆、更规则和更小的颗粒组成。通过干燥法制备并研磨的合成现代朱砂，颗粒尺寸有各种大小；而由潮湿法得到的朱砂是从溶液中作为细粉末沉淀出来的，颗粒大小均匀。

某些色料能够以多种形式来制备，这些形式化学成分相同，但原子在晶体中的排列方式略有不同。作为砷的橙色硫化物，雄黄就是一个例子：在正常的晶体形式之外，还存在一种不同的形式，叫作副雄黄，它也是橙色。要把它们区分开，需要知道原子在哪里。这可以由从色料颗粒发散出来的X射线的图案来推断。晶体中原子的规则堆叠，在某些角度比其他角度更强烈地反射X射线，这种现象被称为衍射。对于排列方向各不相同的一堆晶粒，这会产生一系列反射X射线的同心环，可以记录在摄影胶片上。环的位置和亮度构成对原子在空间中的位置的记录。通过这种方式就有可能推断，保罗·委罗内塞在他的《寓言》（Allegories，约16世纪70年代）的橙色色相中同时使用了（无疑是不经意地）雄黄和副雄黄。

为色淀色料赋予颜色的有机染料，更难以明确地识别。知道这种染料含有碳、氢和氧没什么用，因为多数天然产物都是如此，不会帮助我们把茜草红色淀（由茜素和红紫素着色）与来自美洲的胭脂虫红色淀或来自地中海的胭脂色淀（两者都由胭脂红酸和胭脂酮酸着色）区分开。然而，有一些湿式化学方法可以用来区分它们，甚至达到分辨美洲胭脂虫红和地中海胭脂的程度。如果样品足够大，能提供可测量的光谱，红外光谱分析会揭示不同有机分子的独特振动。

薄层色谱法分析技术允许分离有机染料中的各种分子组分。各种组分被溶剂携带着通过一层薄薄的胶状物，通过的速度取决于其尺寸和化学结构。因此，不同的组分逐渐分离成胶状物上的不同条带。含有相同组分的两种染料，将在任何时刻产生出在相同位置互相匹配的条带。通过使用所谓的高效液相色谱法，甚至可以区分染料来自不同产地的各种胭脂色淀：来自旧世界（波兰）或新世界的昆虫物种，产生大体相同的着色分子，但比例不同。

分析艺术家的绘画技法，通常就是仔细察看色料是如何施用到画布上的。有时，仅仅通过在以低角度掠过表面的强光，即所谓的侧光下拍照，就能推断出很多东西。正如日落之前阳光在田野上的流动，这会产生夸张的阴影，突出颜料表面的浮雕（图11.2）。在正常光线下看似缺乏层次的颜料薄层，会突然变成山丘和山谷的地形，显示出画笔在哪里是长长的横扫，哪里又是短短的轻涂。画笔的力道就这样

跳跃到视野中，而在梵高那狂野的想象中，其方式几乎令人惊讶。根据遮蔽型胶带[205]在颜料中留下的脊状凸起，我们还可以看出现代“硬边”画家在哪里使用了这种胶带。

通过显微镜察看颜料表面，显示给我们的是眼睛不容易看到的细节：例如，在哪里颜料是以湿画法施用的，在哪里底层色以及手绘或仪器绘制的线条未被完全覆盖。我们看到，沙子的颗粒迷人地嵌在莫奈的海滩场景中。但从显微镜观察的颜料层横截面中，还可以推断出更多东西，这些涂层揭示了古代大师们如何通过细致地应用多个层次来建立场景。在杰勒德·大卫16世纪初的一幅画作中，紫红色的衣纹是通过蓝铜矿和红色色淀的混合物覆盖在红色底层上而显示出来的，而在红色之下，来自原始素描稿的黑色木炭颗粒落在白色底子上（彩图11.3）。16世纪佛兰德斯画家扬·戈塞特所绘的一只梅红色斗篷，被认为是由红色色淀覆于深灰色之上构成的。我们通过这种方式发现，17世纪的凡·戴克有时应用双层底子——一层棕橙色，一层灰色。在这两层底子上，他极有条理地涂上混合物：群青和大青的天空，覆盖在仅由大青构成的垫层或多重施用的混合红色色淀上。在这些隐藏的涂层中，艺术家工作过程的复杂性开始充分显现。

图11.2 用斜（侧）光照亮画作，能揭示绘画笔法的布局和风格。这里显示的是卡米耶·毕沙罗的《山坡上的修道院》（Cte des Boeufs at L'Hermitage，1877）。

忽视的历史

琴尼诺·琴尼尼对他的材料那容易跑色的属性并不陌生：

> 一些色淀是由剪下的布料制成的，很能吸引人的目光。当心这种类型，因为它……完全不耐久，无论带不带坦培拉，并会迅速失去颜色。[206]

他显然是在谈论来自昆虫的色淀，它由胭脂虫制成，不如茜草红色淀稳定。但是，中世纪艺术家很难对他们的色淀色料进行任何有把握的概括，因为要防止褪色还取决于制备方法、染料结合的无机颗

粒，以及混合色料的调色剂。同样，大体正确的是，当色淀色料——其中的着色剂是精细的有机分子——暴露于光线中时，它们比来自矿物的色料更容易褪色。

这种变化可能会完全颠覆艺术家的意图。在14世纪和15世纪，宗教场景中的重要人物，特别是耶稣或圣母马利亚，常常被描绘为穿着豪华的紫色长袍。这些人物的着色，通常是群青与红色色淀混合，或者以红色色淀罩色。然而，在这个时代的许多画作中，红色色淀已经完全褪色，结果长袍在高光部分和中间调部分是淡粉色（其中包含大量的白铅），在阴影和褶皱部分是深深的偏蓝的紫色，在这些地方它们都被用群青变暗。

一个特别引人注目的例子是《炉栏前的圣母子》（The Virgin andChild before a Firescreen），由法国画家、弗莱马尔的罗伯特·康平的追随者于1440年前后绘制。圣母那宽松的长袍占据了画作下半部分的大部分空间；但它们几乎和纸一样苍白，而曾经，它们可能是暖色的锦葵紫（彩图11.4）。

使中世纪和文艺复兴时期的画家面临无法耐久的危险，甚至在他们的有生之年就可能变得明显的，并不是只有色淀色料。朱砂提供了更可靠的红色，但不是绝对的。和雄黄一样，硫化汞采用两种结晶形式：朱红的红辰砂，以及黑色的黑辰砂或“黑色硫化汞”，后者在大多数合成朱砂的方法中首先出现。恢复成黑辰砂有时会发生在画布上，特别是在暴露于短波长（蓝色）光时。这个过程在鸡蛋坦培拉中比在油料中更为常见，可见于中世纪木板画，例如纳尔多·迪·乔内的《祭坛：三圣徒》（Altarpiece: Three Saints，约1365）中，在这幅画中圣徒那红色轮廓的宽大外衣上拼凑着肮脏的棕色。同样的情形也出现在后来的油画作品中。

马克斯·德尔纳声称，朱砂的变暗“早已为古人所知”，这就是庞贝古城的朱砂墙板上覆盖着蜡的原因。用红色色淀为它罩色，在文艺复兴时期成为普遍做法，这种做法也提供了一些保护——虽然并不清楚古代大师们是否知道这一点，或者他们不过是想深化和丰富橙色色调。不过，琴尼诺警告要当心未加保护的朱砂的不稳定性，特别是在湿壁画中：

> 记住，它就本性来说不该暴露于空气中，但在木板上要比在墙上更为耐久；因为随着时间流逝，由于暴露在空气中，当朱砂被使用并放在墙上时，它会变黑。[207]

红铅是一种更不可信的颜料。铅在色彩上的慷慨也有它的缺点：

除了红色、白色和黄色，当暴露在空气中时，它容易形成黑色化合物二氧化铅。没有上光油的保护，红铅会迅速变暗，这使得它完全不适用于湿壁画。这种退化已经在中国、突厥斯坦和阿富汗的壁画上出现过，在那里红铅变成了巧克力棕色。此类变暗的过程出现的范围很广泛，比如在15世纪印度的细密画、17世纪和18世纪的日本画，以及13世纪到17世纪的瑞士壁画中。变黑也可能由暴露于被含硫烟雾污染的空气中引起，这导致黑色硫化铅的形成。

即使是备受推崇的群青也不能避免衰变。在一些中世纪祭坛画中发生了变暗现象，从而使长袍变成最为不祥的蓝黑色。偶尔，画作成为所谓“群青病”的牺牲品，其中蓝色褪色成斑驳的灰色或黄灰色，其原因尚不完全明确。

然而，一般来说，群青是一种极为稳定的颜料，其光彩几个世纪以来几乎没有变弱。蓝铜矿也有可能优雅地老化——但是有时，当施加在粗砂颜料顶部的上光油渗透在颗粒之间时，施用色料的粗糙肌理可能会引发问题，使色料层随着老化和变暗而变色。存在许多这样的实例：蓝铜矿厚涂层在多年后变暗，几近于黑色，可能是由周围介质的退化引起的。例如，在迪里克·鲍茨的《圣母子》（The Virgin and Child，约1465）和杰勒德·大卫的《圣母子与圣徒和供养人》（The Virgin and Child with Saints and a Donor，约1510）的圣母长袍中，这一点表现得就很明显。这种色料本身相对稳定，除非暴露于酸（例如硫污染）中，酸会通过将碳酸铜分解成黑色氧化铜而破坏颜色。

蓝铜矿在成分上几乎与绿色矿物孔雀石完全相同，并且可以在多年后转变成孔雀石。这在湿壁画作品中尤为常见：中世纪意大利教堂中充满了蓝色变成绿色的例子。另一方面，孔雀石本身通常极为稳定，在这些壁画中耐久性很好。

绿色铜色料铜绿就不是这样了。铜绿随着年代增加而变暗的倾向变得臭名昭著：琴尼诺强调“它看起来很美，但不耐久”。马克斯·德尔纳说：

> 铜绿以及其他蓝色和绿色的铜颜料……古代大师们之所以不得不用，是因为缺乏其他色料。他们很清楚这些色料的危险性和不相容性，并采取预防措施将它们放置在上光油层之间。铜绿是晚近的大师们画布中阴影部分变黑的原因，例如里贝拉把铜绿用于油料而不是坦培拉中，并且没用上光油加以保护。[208]

丹尼尔·汤普森说：“没有其他哪种色料，像铜绿这样受时间的意

外影响如此广泛，如此具有灾难性。”

然而，这种不好的名声可能大大冤枉它了。在各种媒介中对铜绿进行的现代测试几乎显示不出它有变暗的迹象，这表明是总体颜料配方的某个方面导致了退化，而不是铜绿本身有任何内在缺陷。一个明显的罪魁祸首，是将铜绿与树脂混合以制作一种泛称为“树脂酸铜”的色料，这种做法在15世纪后期相当常见。有机树脂的光诱导分解会使颜料变黑。这个时代的绘画现在大量装饰着深棕色或近于黑色的植物叶子，在外观上显出某种马格里特风格的光线技巧（彩图11.5）。这个时代的意大利风景画则充满了黄褐色的山丘和森林，委罗内塞的《爱的寓意III：尊敬》［Allegory of Love III (Respect)，约1570］由于绿色衣纹变成棕色而走了样。

任何有自尊心的研究15世纪和16世纪绘画的学者，现在都会警惕这些变化，并会对美术馆墙上的图像进行适当的心理转化。但是汤普森在20世纪20年代所写的作品中评论称，变暗的铜绿（他的大体意思必定是指树脂酸铜）“每天都误导艺术史学家”，诱使他们感受到一个中世纪的倾向，即“悲伤地描绘最阴郁的秋日”。

不是所有的变色都是环境作用的结果。一些色料彼此在化学上互不相容，发生反应后会引起组分的变化。这些不良反应促成了传统上对色料混合的谨慎。早期画家们对其化学起源一无所知，于是提出了经验法则。琴尼诺说，“铜绿和白铅在每个方面都是不共戴天的敌人”，汤普森则指出，在“白铅对于中世纪的书籍或木板画家几乎不可或缺，画家无法惬意地依赖不能与白铅混合的色料”的时代，这会带来极大的不便。不过，现代测试没有发现这两种色料的混合会产生任何有害影响——事实上，它们常常一起使用。同样，我们仍然想知道早期艺术家各自有什么不同的做法，为他们带来了困难。无论如何，类似琴尼诺发出的这类警告应该有相当大的刺激作用，让人去开发新的、更安全的色料。

据说铜绿与雌黄也不相容，否则它们混合起来会提供动人的草绿。这更容易理解：在水性调色剂（例如鸡蛋坦培拉或胶料）中，铜绿中的铜可以与雌黄中的硫结合，产生黑色硫化铜。雌黄在相容性方面一直声誉不佳。赫拉克利乌斯的10世纪文本《论罗马人的颜色和艺术》警告说，“雌黄不容于‘书页’，不容于绿色，也不容于红丹”。（他还着意澄清，这并不反映它们的各种颜色的相容性，只是物质本质的问题——即化学的问题，如果他知道这个词的话。）在乔瓦尼·保罗·洛马佐的绘画手册《论绘画》（Trattato dell'arte de la pintura，1584）中，作者警告说，“除了石膏、赭石、蔚蓝、大青、绿色蔚蓝、绿土、铁锈、西班牙棕以及色淀，雌黄是所有颜料的敌人”。这

些警告在多大程度上有充分依据还不清楚，但明智的艺术家往往会加以留意：在《圣海伦娜的灵视》（Vision of St Helena，约1570—1580）中，委罗内塞确保雌黄是单独使用的。

雪上加霜

用油料代替鸡蛋坦培拉后，通过将每个色料颗粒隔离于一层油料中，解决了部分相容性问题。但是，17世纪和18世纪的一些画家得寸进尺，让调色板上复杂地布满来源不明的混合物。引入可靠性未经检验的新色料没有什么帮助。克劳德·洛兰、加斯帕尔·迪盖和尼古拉·普桑等风景画家使用的复杂混合物，可能会经历不可预知的变化，特别是因为它们包括比传统铅锡黄或那不勒斯黄更不稳定的新黄色色料。

一些画家手册试图通过推荐预防技术来限制损害。在颇有影响的《绘画的基本原理》（Elémens de peinture pratique，1684，由C. A. 容巴尔于1776年大幅扩充）中，罗歇·德·皮勒提倡使用油料和上光油层来隔离不同的颜色。但在巴洛克时期，实验越来越多。向油性调色剂中添加树脂以加速干燥过程（甚至凡·戴克兄弟也浅尝过），成为委拉斯开兹、伦勃朗和鲁本斯等画家的普遍做法。树脂和香脂也可以提高颜料的耐久性，但它们容易变暗或变黄，并且施用时若不细致会引起皱纹。

到了18世纪，艺术家们认为自己仍然没有在哪一种光谱颜色上，得到了充足的色料供应。对于蓝色来说，蓝铜矿和群青是稀缺的，而大青，初期是难以处理，此后则由于钴从色料颗粒中滤出而容易褪色。［在委拉斯开兹本来光彩照人的《圣灵感孕》（Immaculate Conception，约1618）中，大青的天空变成了令人沮丧的棕色。］作为一种有机染料，靛蓝不耐光。1710年关于发现普鲁士蓝的报告开篇说道："把油料与颜色混合起来的画家基本上没有什么来呈现蓝色，无可厚非地，他们希望有［一些］更令人满意的。"

最浓郁的红色是色淀，主要是胭脂和茜草红，但这些色料可能不会持久。在乔舒亚·雷诺兹的肖像画《阿尔伯马尔伯爵夫人安妮》（Anne，Countess of Albemarle，约1759—1760）中，伯爵夫人的苍白面孔曾经是更健康的粉红色；随着颜色从（可能是胭脂）红色色淀中耗尽，肤色已经变成死灰一般。

仍然没有纯净和明亮的紫色；而就橙色而言，雄黄只是很少量地

使用。绿色仍是一个特殊问题。意大利人乔瓦尼·安杰洛·卡尼尼在17世纪中叶评论称，混合的绿色在调制时应该总是比在自然中出现的“更清新”，因为它们会随着时间流逝变暗。罗伯特·多西在《艺术的侍女》中宣称：“我们现在被迫从蓝色和黄色中复合出的绿色，难保不会挥发（fly）或变化。”

这主要是使用易于跑色的黄色色淀的结果。随着黄色组分（有时是蓝色底层色上面的一层透明色层）在光的影响下失去色相，树叶往往会变成奇怪而病态的蓝色。彼得·拉斯特曼的《朱诺发现朱301庇特与伊欧》（Juno Discovering Jupiter with Io，约1618）获得了暗色的蓝绿植被，而扬·凡·海瑟姆的《陶土花瓶里的花》（Flowers in a Terracotta Vase，1736）由于色淀色料的褪色，叶片变成斑驳的蓝色（彩图11.6）。1830年，J.-F.-L.梅里美评论道：“在许多佛兰德斯画作中都能看到树叶已经变成蓝色，因为与群青混合的黄色色淀已经消失了。”

人们曾希望，18世纪初发现的普鲁士蓝至少能满足愿望，成为一种取代群青的蓝色。但到了该世纪中叶，它的褪色倾向已经变得明显。多西警告说，普鲁士蓝（含有白色氧化铝）中更浅淡、更明亮和最有吸引力的品种“极易消失，或变成灰绿色”。与高比例的白色混合时，这种色料更容易褪色，正如18世纪画作中的天空经常出现的情形。庚斯博罗［如《庚斯博罗的森林》（Gainsborough's Forest，约1748）］、华托［如《意大利式休闲》（Récréation italienne，约1715—1716）］和卡纳莱托［《威尼斯：石匠的院子》（Venice: Campo San Vidal and Santa Maria della Carita，1726—1728）］的许多作品中的天空，曾经应该是更深的蓝色的地方，都已变成浅蓝灰色，如被冲洗过一般。[209]

1834年，画家弗朗茨·费恩巴赫注意到此褪色过程有一个奇怪的特点。他使用普鲁士蓝装饰一个户外雨篷的部分区域。他把它放在阳光下任其干燥，他回来后惊讶地发现，颜色几乎完全消失了。第二天早上去检查损坏情况时，他看到颜色又完全恢复了。乔治·菲尔德也注意到普鲁士蓝的这种能力，即在阳光下褪色再离开光照后，能部分地恢复颜色。

随着19世纪鲜明得诱人的新色料的涌入，画家遇到的困难随着选择范围的扩大成比例地增加。对于颜料制造商用来诱惑倒霉蛋艺术家们的产品，从来没有哪个时期像现在这样急需梅里美和菲尔德这样的专业人士来进行彻底检验。许多迫不及待使用新颜色的艺术家，自费进行了检验。前拉斐尔派的威廉·霍尔曼·亨特就是深受色相在画布上转移或消失之苦的人之一，他后来成为倡导对颜色进行适当检测的斗

士。在1875年给颜料供应商查尔斯·罗伯逊的一封信中，他抱怨一种新的茜草红色淀不够稳定：“如果我劝你不要用这种颜色，因为它无法满足艺术家的要求，代替之前用茜草红来完成的细致工作，我觉得不仅是为你好，也是为这个行业好。”他的沮丧在描述一种橙色朱砂变成棕色时表现得很明显，他说，因为要返工重画，这“至少浪费了我十个月的生命”。亨特说，“在菲尔德先生的时代”，情况要好得多。

菲尔德提醒要当心铬黄，正是它后来使梵高的向日葵黯淡无光：“黄色和橙色铬酸铅，尽管能承受日照，由于时间流逝、空气污浊以及其他色料的影响，品质却会变得劣于赭石。”他告诫艺术家，由于没有选好着色材料，补救是无望的：“没有牢固的架构，就没有［绘画的］希望；没有哪种化学作用可以巩固病态的框架，恢复褪色的颜色，阻止消耗带来的破坏：在濒死的艺术面前，科学无能为力。”[210]这样一来，画家和化学家就更有理由密切合作了：“令人愉快的是，存在一种更为健康的状态。当这种状态来临时，艺术将不会那么羞于向她的姊妹求教：为了双方的利益，应该有更紧密的联盟。”[211]

但是，新色料可能突然遭遇的变化很难预料。在相当程度上，它取决于如何准备、如何混合以及处于哪种调色剂中。菲尔德明确地警告要当心碘红；然而英国画家威廉·马尔雷迪能够在《寡妇》（The Widow，1823）中运用它而未发生灾难，霍尔曼·亨特也在《凡伦丁从普洛丢斯之手拯救出西尔维娅》预备草图中用这种颜色进行试验，把它与柯巴树脂上光油混合作为保护层，似乎经受住了时间的考验。（然而并不清楚的是，亨特是否足够信任它，把它用于终稿。）英国画家塞缪尔·帕尔默的评论中，有一种茫然无助的语调：

> 绘画这件事在化学上是如此复杂，充满无形的微妙；我听马尔雷迪先生说过不止一次：两个人用相同的工具、以同样的调色板作画，甲的图画会干燥，乙的图画不会；甲的图画会耐久，乙的图画会褪色。[212]

当然，印象派画家及其继承者本可以从菲尔德这样的人身上受益。事实却是，他们倾向于把提醒当成耳边风——并付出了代价。一些新的色料，如钴蓝和柠檬黄（铬酸锶），老化状况很好；其他色料则完全不是。锌黄（铬酸锌）在油料中会呈现绿色，这对乔治·修拉那仔细斟酌的点彩画法而言是灾难性的。锌黄的变色在《阿尼埃尔的浴场》（1883—1884）中很明显，《大碗岛的星期天下午》（1884—1885）中的草坪则由于铬黄的衰败而布满褐色斑点。材料的限制如何破坏艺术家精细的用色意图，明显的例子则少得多。

直到20世纪，颜料制造商才开始认真看待他们对艺术家的责任，在出售之前彻底检验产品。同时，越来越多的人认识到，艺术家有义务了解自己运用的材料——不是作为科学家，因为此时还不能要求太多，而是作为一个知道如何充分利用它们的匠人。正如马克斯·德尔纳所说，

> 不能指望艺术家成为化学家；他只会成为一个受害于浅薄涉猎的人，这种涉猎弊大于利……［但］支配着艺术家材料的法则对于所有艺术家都是一样的，无论他们属于什么流派。谁要想正确地使用材料，实现最佳效果，就必须知道这些法则并加以遵守，否则迟早会为错误付出沉重的代价……工艺必须再次成为艺术的坚实基础。[213]

德尔纳学院（正式名称为国家绘画领域技术测试和研究院）于1938年在慕尼黑国家艺术学院的创立，可以被视为对这种必要性的认可。自1911年起，德尔纳本人一直担任巴伐利亚皇家艺术学院的技术方法导师，直到1939年去世；他付出了很多努力，让绘画界重新熟悉一些技法，这些技法使得古代大师们的一些作品比19世纪绘画维持着更好的保存状态。

然而，对于这整件事来说，有一种漠不关心、形式主义和令人压抑的东西，几乎激起了艺术家们的反抗，正如印象派反对法兰西艺术院的学院派束缚一样。什么样的艺术家会想要受缚于法则，哪怕是在可怕后果的威胁下？用材料进行实验，以及经常出现的不幸，在整个20世纪不胜枚举。似乎每一代艺术家都必须亲身学习经验，就像每个人都必须找到属于自己的风格和属于自己的物质表达手段。

第十二章 捕捉颜色——艺术如何在复制中显现

即使在最完美的艺术复制品中也会缺少一种成分：艺术品的即时即地性，即它在问世地点的独一无二性……原作的即时即地性组成了它的原真性。[214]

——瓦尔特·本雅明，《机械复制时代的艺术作品》（1936）

现代画家无法用自己的颜料逼真地模仿它，如果他们尝试复制，原作值多少几尼，我们现在就只需付多少先令。

——詹姆斯·珀西瓦尔爵士，论雅各布·勒布隆的印刷工艺（1721）

艺术形象第一次成为短暂的、无所不在的、无实质的、可获取的、无价值的、自由的。它们围绕着我们，就像语言围绕着我们那样。

——约翰·伯格，《观看之道》（1972）

有多少莫奈和毕加索的作品悬挂在哪怕是最不起眼的郊区墙上？人们可以通过几乎任何街道的窗户看到伟大的作品，它们展示在壁炉地面的上方或用别针固定在破旧的卧室角落里，加了画框，光彩夺目。我们现在都可以做收藏家，因为用随便一顿饭的钱就能买到不错的复制品。在我们书架上的那些封面之间，是价值堪比一整座美术馆的杰作。

很难抱怨艺术的这种民主化过程。许多艺术家都曾希望看到艺术从美术馆的高雅氛围中被取出来，放到喧闹的大街上。但纯粹主义者可能会抱怨说，背景的消失会使作品掉价——米开朗琪罗那人类和上帝伸出的手指，若作为话语片段的视觉对等物被编排到贺卡上，其文化意义就会被剥离，转变成诙谐的卡通。

过度曝光稀释了影响，这确实有些令人难过，就像一首喜欢的歌曲，由于重复播放而变得乏味。如果《格尔尼卡》在萨特小说的封面上盯着我们看了许多年，再看到这幅画的原版，我们真的还会像它的主题应该唤起的那样，感到同样的震撼吗？在1936年的著名随笔中，[215]社会历史学家瓦尔特·本雅明提出，“在机械复制时代，黯淡的是艺术作品的光晕”。但我们很难期望，艺术的大众传播没有代价就能实现。

然而……我们的各大美术馆仍和以往一样观者如潮。如果说有什么不一样，那就是复制品的唾手可得激起了对原作的欲望。在相当大的程度上，访问艺术书籍中光洁图像的源头的冲动，来自想从“物品”而不是图像的无形神秘中感受乐趣的欲望：这些标记正是出自梵高、鲁本斯、马萨乔之手。图画成为一种历史文物，美术馆成为人类想象力和聪明才智的博物馆。去看《蒙娜丽莎》的人，没有谁是想查验这幅画的美——如果这样做，在伸头探脑的人群中挤来挤去，一瞥这幅照明不足、小得可怜的作品后，他们会失望而返。

本雅明声称，大规模复制将艺术从“原真性的仪式”中解放出来。在本雅明的想象中，彩色摄影和电影会实现这一点。但是看起来，我们不过是用一种仪式代替了另一种。人们现在去美术馆，不只是想了解艺术家做了些什么，也是想在熟悉的图像脚下朝拜。一种宗教般的庄严气氛主宰着我们的艺术大厅——我们轻声细语，我们举止恭敬，我们做着巴黎人在19世纪喧闹的沙龙里不会做的一切。约翰·伯格说：“艺术作品被包裹在一种完全伪造的宗教气氛中。这些作品在讨论和呈现时，仿佛圣洁的遗物一般。”[216]

对于严肃的艺术研究者来说，至少有另外一个很好的理由去看原作；艺术图书的热心收藏者可能已经注意到了这一点。有几次，这幅提香作品看起来与那幅提香作品相像？在一本书中，《圣母升天图》全部是金色的秋光和昏暗的阴影；在另一本书中，这幅画则是春天那乳白色的光辉沐浴着人群，圣母那橙红色的长袍几乎是粉红色的。[217]对于像《达娜厄》这样着色复杂的图画，则没有哪两个复制品看起来是一样的。那么，如果只是基于复制品，能不能对颜色进行任何可靠的讨论？

然而，许多艺术批评必然以这种方式进行。所有关于艺术的书面话语必须依赖于复制品来形成观点。[218]在口头阐述，例如大学教学中，彩色幻灯片可能是展示讨论对象的媒介。我很幸运，自家门口就有两家美术馆——泰特美术馆和国家美术馆，从它们那里我借鉴了许多实例，也比较容易欣赏到原作。但是，我的大部分研究还是必须依靠书籍提供的图像；通过仔细研读相关主题的多个文本，我无比清晰

地看出这些图像是多么不可信赖。根据约翰·盖奇的说法，色彩复制技术的局限性“本身就是艺术领域颜色史的一部分”。

如果是在三十年前写这本书，我遇到的困难会比现在大得多！即使只是在马德里偶然看到普拉多美术馆里的那些画作，也让我知道我手上《普拉多藏品》（The Prado，1966）一书中的复制品只能让人对这些作品有个极为粗糙的印象。赫伯特·里德的《现代绘画简史》（Concise History of Modern Painting）也是如此，我手上是1985年的版本。这两本书都出自一家极为专业的艺术出版商之手，它通常在插图上不惜工本。

所以我认为，不论从哪方面探究化学对色彩的影响，关键的一点是询问在把图像呈现到书页上的过程中，化学技术能为我们提供多少帮助。这并非如人们可能期望和希望的那样，是一个逐渐改善质量的线性故事；事实上，今天有些人担心，随着出版的经济因素压倒对准确性和耐久性的考虑，水准可能会下降。

此外，今天的技术正在改变视觉信息的传播方式，其程度是自古登堡时代以来未曾有过的。我以完全的电子形式研究了一些画作，我知道这样的说法听起来已经像科学家在20世纪50年代自豪地说，“我的计算过程由数字计算机辅助完成”。我们现在有访问和显示信息的全新方式，不需要多少远见就能预见到，书本扮演的许多（即便不是全部）角色将在未来一二十年内被计算机取代。这些变化如何影响艺术复制的质量，部分是物理学和电子工程的问题，但其界限最终也是由显示器屏幕那发光的色彩背后的化学性质来划定的。

大众的艺术

曾有一段时期，对一幅画拥有自己版本的唯一方法就是找人临摹一幅——不论是否合法。即使是在19世纪，许多人仍是通过单色版画才知道古今大师们的作品的。透纳的作品，在他的声名如日中天之时，不断地以这一方式被转录，其结果有点像用火柴棒难以置信地再现建筑奇迹：技巧赫然，但难免不得要领。透纳的绘画运用的是色彩、光和肌理的语言，以黑色轮廓和交叉影线的网络重绘这些画作，愚笨中又自有迷人之处。

从印刷机被发明的那一刻起，用彩色油墨印刷就有了实现的可能，在15世纪的手稿中确实偶尔使用彩色排印。让一页纸经过数台印

刷机，这些印刷机上安装着分割好的木版，用以压印不同的区域，凭借这种方法，几种颜色就可以印到同一页面上。这显然是一个烦琐的过程，无法轻巧地完成。在1482年，似乎是埃哈德·拉特多尔特首先解决了不同木版对齐的问题。在16世纪和17世纪，通过这种方式，图片粗略地以两种或更多种颜色呈现，一种原始的明暗对照可以通过套印黑色影线或遮蔽阴影来实现（图12.1）。卢卡斯·克拉纳赫是有着悠久传统的大画家中，首批尝试彩色印刷技术的人之一：这种传统后来纳入了亨利·德·图卢兹——劳特累克、爱德华·蒙克和索尼娅·德劳内。但作为一种复制的手段，没有理由否认，相比于精致的黑白铜版线，多版套色技术对彩色绘画的呈现要远为出色。

就我们现在所知，最早的全彩印刷尝试在18世纪由画家雅各布·克里斯托夫·勒布隆做出，他于1667年出生在美因河畔的法兰克福，父母都是法国人。勒布隆凭借的观念（由罗伯特·波义耳阐述）是，所有的颜色都可以从三种原色合成，这些原色被认为是红色、黄色和蓝色。他由此意识到，原则上所有的颜色应该都可以由这三种颜色来获取，方式是通过叠加“分区”：每种原色用一块不同的印版。每块印版印下图像的一个单色部分，其中油墨的密度对应于这种原色在原作中的强度。例如，黄色区域将在“黄色”印版上复制，但在红色和蓝色印版上留为空白。橙色特征在红色和黄色印版上都会出现，这样叠加在一起的两种半透明油墨将通过减色混合产生二次色。

图12.1 《农神萨杜恩》（Saturn），由乌戈·达·卡尔皮在1604年根据波尔代诺内（约1485—1539）的一幅素描完成的多版套色印刷品。

但是，如何备好单色的分区？勒布隆别无选择，只能凭借手和眼睛。令人惊讶的是，他开始手工雕刻每块印版，其根据是自己对每种

原色在图像的各个部分占据多少所做的视觉判断。有人可能会把这种做法与将乐器发出的音符分解成单独频率的尝试相比较：不仅要说明存在哪些频率，还要说明数量是多少。勒布隆作品的幸存样本，如他自己创作的《水仙》（Narcissus），色调为温暖的肉色，叶子为冷绿色，揭示了制版者以这种方式分解复杂色彩的近乎神奇的能力。

勒布隆在制版时使用的，是17世纪由一位德国军官在阿姆斯特丹发明的美柔汀（mezzotinting）技法。铜版的表面全部用一种被称为“摇点刀”的类似凿刀的工具粗糙化，摇点刀的弯曲端部被切割出一系列平行线，以在软铜中制造毛边。该粗糙表面能吸取并留住油墨。通过使表面不同程度地重新变得平滑，油墨密度便实现了层次渐变。整片的空白区域必须加以磨光。这种技术的名字得自一个事实，即它比线刻这一替代技术能更加忠实地复制“中间”色调。

为了使三色法奏效，油墨必须是上好的原色。例如，如果红色有一些偏蓝，当用黄色套印时，只会产生一种肮脏的棕橙色。但是，这种“纯粹”的颜色在勒布隆的时代无从获得，他不得不克服一个问题：如何将科学家提出的理想的混色理论，用化学家提供的不完美的色相来实现。他所处的两难困境的根源，与使得早期画家之所以对色料混合保持慎重所考虑的因素是相同的：它们并非“在光谱上是纯的”，它们的亮度在组合时会受到损害。

勒布隆的努力使他深入了色彩理论，到18世纪20年代，他相信自己已经发现了“色彩的规律”，有些人认为自古代大师时代以来这种规律就不为人知了。勒布隆在《绘画中的着色和谐；根据简易规律和必然规则归结为机械惯例》（Coloritto; or the Harmony of Colouring in Painting; reduced to mechanical practice under Easy Precepts and Infallible Rules，1725）中提出了这些想法，并在这本书中说道：

> 天才的画家们，如果细读我发现的规律，并以这种方式略加实践，很快就会在这本书的理论部分，判断出提香、鲁本斯和凡·戴克的知识是否可靠，无论他们的共同报告或传统是否拥有秘密，无论除了这三位之外的任何大师，对它有没有任何明确和常规的认识。[219]

这些“规律”现在基本已经成为从原色准备二次色的常规方法：

> 绘画可以用三种颜色，即黄色、红色和蓝色，来表现所有可见的对象；因为所有其他颜色都可以用这三色（我称为原始色）来构成……这三种原始色彩的混合物形成黑色，以及所有其他的

颜色。[220]

但是在这里，勒布隆发现自己不得不尽可能恰当地面对一种区别，即加色混合和减色混合之间的区别，它在当时还很隐蔽：

> 我讲的是材料的颜色，或画家使用的颜色，因为所有原始的、难以触摸又无法感知的颜色的混合物，都不会产生黑色，而是产生相反的白色；正如伟大的艾萨克·牛顿爵士在他的《光学》一书中表明的。[221]

尽管勒布隆谈到了“画家使用的材料颜色”，他需要的还是半透明的油墨，而不是不透明的颜料。因此，勒布隆的着色剂主要是染料，他的印刷工序可能从棉布印花行业获得了一些灵感。

对于蓝这一原色，勒布隆使用了新的普鲁士蓝，实际上它对承担这项任务来说是一个绿过了头的色度。他似乎还试验了靛蓝。勒布隆的黄色是一种暗沉的黄色色淀。红色是全部原色中最难制成的，他觉得不得不配制一种茜草红色淀、胭脂红再加一点辰砂的混合物。原则上，理想的三原色结合形成黑色；但在实践中，这些（以及任何其他）原色色料的简单混合物更偏向于棕色。所以，勒布隆发现自己不得不用手对图像进行最终修饰，比如加上黑色。

因此，他如此热切地强调自己的技术“简单易行”和“万无一失”，流露出的是对其缺陷的某种绝望。也许比缺乏原色油墨更麻烦的事实是，要不了多少次压印，铜版的细部就会变得模糊。鉴于制作它们时所需付出的巨大辛劳和耐心，这的确是一个严重问题。

然而，这种方法在实用性方面所缺乏的，勒布隆用夸口和热情来弥补。1704年，在阿姆斯特丹向名流们展示了这种工艺的一些早期样本后，他开始寻找赞助人。结果在荷兰一无所获，他又希望1705年在巴黎能有更多的运气，但再次无济于事。直到1719年来到伦敦，他才设法说服富有的显贵、身为上校的约翰·吉斯爵士，使后者拿出所需的钱来创立一家企业。凭借吉斯的支持，勒布隆得以获得乔治一世的许可，复制肯辛顿宫的一些画作。两人在1720年创立了一家名为“图画工作室”（Picture Office）的公司，着手为25幅精选的绘画作品复制数千份副本。

但是勒布隆没有经商的禀赋，很快公司就陷入了财务困境。在会见这位企业家时，霍勒斯·沃波尔（罗伯特爵士的儿子）对他印象平平，把他描述为“要么受了骗，要么在骗人，我想是前者……他是一个充满热情的人，也许像其他多数充满热情的人一样，既是前者又是

后者”。[222]另一方面，吉斯则咒骂和欺凌公司的每个员工，深信这符合企业的最佳利益。

事态继续恶化，直到指定了一个委员会来调查图画工作室的业务。调查结束后，勒布隆的董事长一职被拿掉。然而，复制品的质量实际上看起来相当出色（彩图12.1）——沃波尔称它们为“相当差强人意的副本”。事实上，有些复制品伪装在厚厚的漆层下，几乎能以假乱真。在公众难得在美术馆以外观赏全彩艺术的时代，这种看似难以置信的欺骗远没有那么难以置信。但无论这种复制工艺有多少优点，它就是没有那么大的赚头。

勒布隆没有却步，他于1727年成立了一家新公司，目的是在汉普顿宫（位置在现在的伦敦维多利亚和阿尔伯特博物馆）的拉斐尔壁画素描大样上应用他的另一项发明，一种以挂毯形式重建绘画的方法。他相信在挂毯中，红色、黄色和蓝色丝线如果巧妙地组合，也足以创造出所有的色相。这次冒险再次一无所获，勒布隆终于被迫逃离英国躲避债务。他于1741年在一贫如洗中离世，去世前在荷兰和法国还多次尝试重振这项印制技术，都没有成功。

勒布隆的方法只在他身后持续了几十年。在巴黎，还在勒布隆仍然在世时，雅克·戈蒂埃·达戈蒂就研制了一种类似的方法，并与勒布隆激烈地争论优先权问题。戈蒂埃似乎在勒布隆去世后获得了这种三色法的所有权，并声称在接下来的几年里完善了它。他的努力幸存下来的几个例子基本上不支持这种说法，虽然在戈蒂埃的创新之中，引入了第四种，即黑色的印版代替手工修饰。戈蒂埃的儿子们在18世纪70年代继续这项事业，并在18世纪80年代把这一方法传给了意大利人卡洛·拉西尼奥；拉西尼奥满怀干劲地实践它，但没有什么大的进展，后来此方法就从人们的视野中消失了。

颜色之书

勒布隆的发明作为一种观念超前于时代，因而缺乏实现的物质手段。18世纪研制的替代的彩色印刷技术，没有野心从区区三种半透明的原色中产生所有颜色。相反，这些技术直接放置制版者选定的任何颜色，确保不同颜色的区域互不重叠。这意味着色彩范围通常极为有限。

最简单的技术是老的多版套色法，其中木版被用于压印平面色区

域，这些区域随后用黑色粗略地遮挡。通常应用的只有一两种颜色，所以图像并不像我们所知的那种“彩印”，而只是如乌贼墨色这样的暗部的斑斑点点，主要是为了让人的眼睛从单色页面中放松放松。

多版套色印刷那乏味的缺乏层次的色域，可以用“半色调”技术来避免，这种技术能够通过改变着色的线或点在白纸上的密度，来捕捉到明度或色调的细微差别。其中的原理，与在报纸图像中获得灰度的原理相同：当点足够小时，它们看起来就合并成平滑的色调梯度。勒布隆使用的美柔汀法是半色调方法，被广泛用于施用渐变的固有色，而不是勒布隆那雄心勃勃的三色混合物。

半色调印刷的基本组成部分是一块金属版，上面覆盖着由点、凹线或凸线构成的均匀区域，它们在不同区域中被磨光到不同程度。在点刻法中，点是通过用针刺穿印版上的保护膜并用酸腐蚀暴露的金属来产生的。由此得到的微小空腔，将在用墨辊涂覆印版时留住油墨或颜料，随后印版再被擦拭干净。印版被压到纸上后，油墨浸入纸中。与线刻类似，这是一种所谓的“凹版”印刷术：只有在从印版的表面去除材料、留下刻痕的地方，油墨才施用到纸上。

点刻法在17世纪由一个名为让·卢特玛的荷兰金匠发明，并被法国人让·夏尔·弗朗索瓦发展成一种实用的印刷方法。弗朗索瓦的努力在18世纪50年代得到法兰西艺术院的支持，这表明正如印刷对于商业目的来说是必要的，它对于美术来说同样必要。由于每种颜色通常需要一块单独的印版，大多数版画家都懒得使用两三种以上的颜色（更有可能是买不起）。英国人威廉·温·赖兰于18世纪70年代在伦敦开了一家版画店，他宁愿只使用一块印版，在不同的区域用不同的颜色手工涂刷。

无疑，这种方法相当粗糙，但对于难得在艺术复制品中看到任何颜色的公众来说，点刻得到的复制品就算是美的了。对这种复制品的需求相当旺盛，如果不是由于沉迷于自己的时尚品味、纵容情妇的奢侈需求而赊了大笔的账，赖兰本会变得富有。这些费用是如此之巨，赖兰被逼上绝路而伪造纸币——这是死罪，在1783年要了这位版画家的命。

在18世纪后期推行的另一种半色调技术，是飞尘法。该项发明通常归功于法国画家兼雕版师让·巴蒂斯特·勒普兰斯（1733—1781），虽然他可能是从别处获得了这种知识。金属版上覆盖着斑驳的树脂，这些树脂充当着避免酸蚀刻的保护层。颗粒极细，所以印成的复制品看起来几近于淡彩素描。19世纪初，通过为单块印版手工上墨制作的这种版画，被广泛用于书籍插图。

平版印刷术（Lithography），字面意思即“从石头上画”，是在1796年由慕尼黑的约翰·阿洛伊修斯·塞内费尔德发明的，他用这种技术来复制丢勒的彩色素描。在该技术中，诸如大理石这类石头的抛光板被用油性蜡笔画下标记，然后用注入水的墨辊润湿，再用另一个墨辊上油基颜料或油墨。油墨不溶于水，于是被潮湿的石头排斥，但附着在蜡笔留下的标记上。于是，图像被印在了纸上。

这种技术通常以多版套色的方式用于木版印刷，尽管在19世纪30年代曾有过不成功的实验，想将其拓展为三色工艺（仍然无法获得透明度适中的油墨）。但在1837年，巴黎平版印刷商戈德弗鲁瓦·昂热尔曼对这种方法加以改进，使其成为被称作彩色平版印刷术的多版工艺，能够印出色彩范围和精妙程度都令人赞叹的颜色。由于这项工作，昂热尔曼从一贯持鼓励态度的全国工业促进协会获得了一个奖项。

在英国，平版印刷技术一开始相当卑微：伦敦的托马斯·德拉鲁在1832年为平版印刷工艺申请了专利，用于印刷纸牌。但有些人有更大的野心。建筑设计师欧文·琼斯于1836年与威廉·戴印刷公司合作制作了一本彩色书，展示了格拉纳达的阿尔罕布拉宫，金色油墨熠熠生辉。琼斯那本带有插图的《装饰法则》（Grammar of Ornament，1856），后来成为英国设计师的标准文本。

在1851年的世界博览会上，琼斯、昂热尔曼等人展示了他们的彩色平版印刷作品；评委会宣称（相当乐观地），这项技术能够产生与优秀画作相媲美的效果。19世纪50年代，自动平版印刷机开始使用锌金属墨辊代替手压机。1852年，戴的公司冒险制作透纳《燃着蓝色灯光的船》（A Vessel Burning Blue Lights）的彩色平版印刷复制品——这是一个雄心勃勃的项目，他们显然表现出色。透纳那朦胧、流畅的风格要求印刷者首次放弃用黑色来勾勒轮廓，转而用纯粹的色彩来描绘图像。

由约翰·拉斯金等人于1849年创立的阿伦德尔协会，同样有愿望将这些新技术应用于美术。出于明显的教育上的原因，该协会开始复制早期的意大利湿壁画：协会希望刺激公众，让他们意识到文艺复兴时期的艺术振兴。彩色平版印刷术被用于复制如佩鲁吉诺的《圣塞巴斯蒂安的殉难》和贝利尼的《圣母子》这样的作品。这是一项艰巨的任务：每幅选定的画作首先要由一位受委任的艺术家手工临摹，然后被转化到平版印刷用的单块印版上。这样的努力让许多人第一次感受到原作的光彩；富有的人还有机会拥有自己的个人版本。

可能不那么高尚但同样令人印象深刻的，是在梨牌香皂的“泡

沫”广告中，对约翰·埃弗里特·米莱斯的一幅画进行的著名的彩色平版印刷复制——该举动只获得了米莱斯勉为其难的赞赏。

当时包含彩色插图的书中就有威廉·布莱克的那些作品，布莱克本人既是一个印刷者兼雕版师，也是一位诗人兼画家。他有时徒手用颜料作画，这是一项极其劳累的任务。但是，从各种说法来看布莱克一点也不细心，或者他对时人所期望的整洁的惯例毫不在意。后来的一位评论者说，布莱克的颜料是如何

> 应用于所有的轮廓型插图，以及在文本的侧面或横跨文本呈现为污斑；很大程度上正如人们可以想象到的，一个孩子拥有一盒颜料，去破坏一本书。这很容易加深一个看法，即布莱克是精神病患者。[223]

到18世纪末，彩色印刷变得极为重要，当皇家研究院于1799年在伦敦由科学家拉姆福德伯爵创立时，专门设立了一个部门来研究这项工艺的科学需要。部门负责人是一位名叫威廉·萨维奇的约克郡人，他开始弥补有色油墨的短缺问题。这些新材料出现在萨维奇的杰作中，这是一本名为《装饰性印刷的实用技巧》（Practical Hints on Decorative Printing，1823）的插图书，耗时八年才完成。他没有使用什么太复杂的东西，不过是以木制印版实现的多版套色方法——但是准备得极为细致和丰富，结果有时很精致。这本书中的某些图像需要多达29块独立的木版。

木版印刷这项技艺由乔治·巴克斯特（1804—1867）推到极致。他使用油性颜料，而不是油墨，获得了前所未有的鲜明且耐久的色相（彩图12.2）。他的《画册，或画作陈列柜》（Pictorial Album，or Cabinet of Paintings，1836—1837）是英国第一本全彩畅销书——也可以说是第一本茶几书[223-0]它表明，如果以足够的勤奋加以应用，用当时的方法可以达到怎样的高度；由于巴克斯特所做的工作，彩色印刷开始蓬勃发展。

1855年，第一批彩色插图出现在《伦敦新闻画报》（Illustrated London News）这份期刊上。这些插图结合了木版和蚀刻技术，虽没有什么特别的长处，却足够畅销，于是这份报纸继续定期出版彩色增刊。1861年，著名的伦敦木刻师埃德蒙·埃文斯出版《画册》（Art Album），试图向广大公众提供彩色的美术作品。20世纪初，木版印刷仍被视为足以满足这种努力，当时维也纳的内夫勒兄弟使用它来制作美术印刷品。这种方法提供的生硬而不妥协的轮廓，很适合德国表现主义画家在风格上的目标，如恩斯特·路德维希·基希纳和卡尔·施密特——罗特卢夫，他们在战前几年完成了许多木刻。

现在看来没有疑问的是，18世纪和19世纪的许多彩色复制品，由巧妙的手精心制作的木版、印版和墨辊印刷完成，它们本身就是艺术品。然而，甚至在19世纪50年代之前，这种手工工具加工的替代品就开始出现了，因为技术人员已经发现如何让光绘制自己的图像。

全视透镜

许多技术不是在有了技术手段时，而是在观念进步释放它们的潜力时成熟的。摄影所必需的材料和方法，在投入应用之前已存在了一百年。

还在1725年，德国解剖学家约翰·海因里希·舒尔策就推断出，某些银盐变暗是由于暴露于阳光下。他以这种方式产生出图像：用从纸上剪出的字母盖住一个玻璃瓶，瓶中包含白垩和硝酸银溶液。由于银金属从可溶性银盐中形成，液体暴露于太阳光线的部分会变暗。银的微小颗粒吸收可见光，于是显出暗色。[224]

相机背后的光学技术甚至更为古老。大约在10世纪末，摩尔人学者海桑描述了相机暗箱：这是一个暗室，外部视图通过一个小孔投射到暗室中的屏幕上。装有镜头的便携式箱形照相机暗箱在16世纪末被推出，很快成为自然科学家的标配。

但直到19世纪，才有人想到将“相机”的图像产生功能与感光银盐的图像记录潜力结合起来。1800年，托马斯·韦奇伍德试图将来自相机暗箱的图像印到涂有硝酸银的纸上。他能够创造“蒙片”（如树叶、昆虫翅膀甚至画作）的负像，却无法设计一种方法来避免纸张在曝光时进一步变暗，从而保存图像。这个过程吸引了皇家研究院化学家汉弗莱·戴维的兴趣，戴维后来与韦奇伍德合作探究摄影的这种原始形式。

第一张“定影”的负像照片由法国人约瑟夫·尼塞福尔·涅普斯于1816年拍摄，涅普斯把自己位于索恩河畔沙隆附近的窗外景观印在了涂有氯化银的纸上，然后部分地用硝酸“定影”（从而对于进一步改变不那么敏感）。1826年，他用相机曝光铺在金属版上的一层薄薄的油性沥青，创造了一个真正的正像。沥青在受光的地方变硬了，其余的地方则可以用油和石油冲洗掉。由于沥青保护金属免受酸的侵蚀，该方法可用于制造印刷用的蚀刻金属版。这是被称为照相凹版印刷的技术的原始形式。因此，摄影从一开始就是与印刷结合在一起的。

在去世前四年，涅普斯与巴黎的剧院设计师路易——雅克——芒代·达盖尔展开合作。到1837年，达盖尔已能够在镀银铜版上制作永久照片，曝光时间约为30分钟。银盐的缓慢变暗阻止了对移动物体的捕捉：达盖尔的街道场景有一种幽灵般的、空寂无人的气氛，因为漫步的行人被抹去了，无法看见。受达盖尔之邀，美国画家兼发明家塞缪尔·莫尔斯观看了他的图像。莫尔斯是如此描述的：

> 平日里行人和马车熙来攘往的大街，此时完全冷冷清清，只有一个人在刷靴子。当然，他的脚被迫静止了一段时间……于是，他的靴子和腿是明确的，但是没有身体和头，因为它们都在运动。[225]

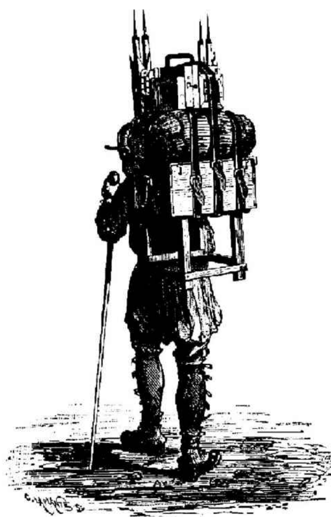
在达盖尔的方法中，镀银底版暴露于碘蒸气，碘蒸气形成一层薄薄的碘化银。随后，在汞蒸气的存在下，碘化银在相机中曝光。汞以微小液滴的形式沉积在曝光区域，与银形成汞银合金。碘化物随后溶解在定影剂（硫代硫酸钠，当时被称为次亚硫酸盐或“海波”）中。汞对应于图像的亮部，而阴影在下面的银中被复制。冲洗好的底版必须用玻璃保护以防止汞被擦掉。

法国政府从达盖尔那里购买了这项工艺的所有权，于1839年在法兰西科学院和艺术院的一次联席会议上公之于众。看到结果，艺术家保罗·德拉罗什深受震动，惊呼“从今天起，绘画已经死了”。（听说这句在今天仍广泛流传的惊呼并没有成为历史现实，真让人感到安慰。）以这些“达盖尔银版摄影法”的形式存在的摄影，被认为不是记录生活的手段，而是一种新的艺术媒介。

由于多项创新缩短了曝光时间，到19世纪40年代初期，摄影肖像工作室开始出现在伦敦和纽约。新的摄影媒体取代了达盖尔那笨重而脆弱的银/汞版。1840年，英国发明家威廉·亨利·福克斯·塔尔博特引入了卡罗摄影法，其中没食子酸被用来使浸入纸中的碘化银显影。（显影剂促进曝光的银盐转变成银金属颗粒；定影剂通过除去未曝光的银盐使图像耐光。）卡罗法产生负像，从中可以产生正片。1844年，福克斯·塔尔博特出版了第一本用照片做插图的图书——《自然的铅笔》（The Pencil of Nature），照片单独粘贴在书中相应的位置。这本书告诉读者，“当前作品中的印版是仅以光为媒介压印的，没有来自艺术家铅笔的任何辅助”。

与卡罗法一样，弗雷德里克·斯科特·阿彻在1851年推出的火棉胶法也是一种“湿版”技术，其中相纸在现场准备，在仍然潮湿时曝光。溶解在乙醚中的硝化纤维素（第一种合成聚合物）与碘化钾混合，倒在玻璃版上，用硝酸银使其易于感光。一旦曝光，将玻璃版用没食子

酸或硫酸铁显影，并用海波或氰化钾定影。因此，摄影师需要携带一个小型化学实验室（更不用说便携式暗室）（图12.2）。在出现便携、坚固、容易显影的照相媒介前，摄影永远不会成为大众市场的爱好。



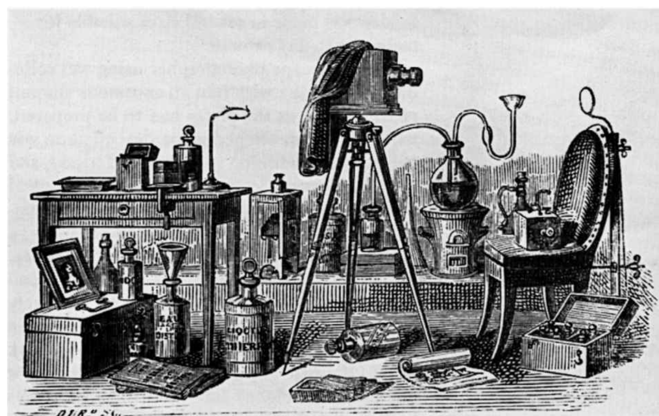


图12.2 19世纪中叶的摄影师不得不随身携带一个小型化学实验室。上图的版画表现的是1859年前后的一位风景摄影师，下图是用达盖尔银版法拍照所需的设备。

理查德·希尔·诺里斯于19世纪50年代中期发现，液体明胶可用于将制备好的火棉胶混合物作为感光乳剂保存，这种乳剂随后可以在“干”版上预先制备。湿润时，明胶会软化，使得显影剂可以发挥作

用。到1867年，利物浦干版与摄影公司开始出售用鞣酸保存的火棉胶/溴化银感光乳剂的干版。

福克斯·塔尔博特于1852年推出了第二个关键的创新。他发明了涅普斯原始照相凹版印刷法的一种变化形式，其中感光的明胶膜与曝光度成比例地硬化，被用作通过酸蚀刻制造印版的蒙片。通过用一个黑布网格来曝光底版，他可以得出点刻图像，这种图像捕捉到的是半色调，而不是由均匀的黑色和白色（曝光和未曝光）区域组成。通过用刻有垂直交叉的平行线的两片玻璃代替布网，这种半色调照相凹版印刷在19世纪80年代得到了改进。

福克斯·塔尔博特的明胶膜于1853年被维也纳的保罗·普雷奇采用，用于他的“珂罗版”照相印刷法。明胶硬化后，会失去吸水能力。这就允许以与平版印刷术相关的方式来使用膜：油性平版印刷油墨被膜的柔软区域（这些区域吸水）排斥，引向硬化的区域。但是，两个区域之间并非泾渭分明，而是存在与曝光强度相关，因此也与硬化程度相关的渐变。因此，珂罗版印刷可以捕捉到半色调而不需要网筛，并且没有后者常见的颗粒特征。因此，它能以出色的保真度再现图像，并且今天仍然用于制作高质量的复制画。然而，仅仅几百次压印之后，珂罗版就会用坏，因此该技术成本高昂且仅适于较少的印量。

19世纪90年代，业余摄影开始繁荣。乔治·伊斯曼位于纽约的摄影公司，于1889年获得了柔性赛璐珞摄影胶片的专利权。该胶片可以整齐地包装成卷，此外伊斯曼还推出了容纳这种胶片的一种小型相机，取名柯达。显影只能由伊斯曼公司来完成，因此，具有已曝光胶片的整个相机必须被送到公司制作照片。返回时，又预先装好了新的胶片。“你按按钮——剩下的交给我们。”他们的广告如此宣称。

摄影是否本身就是一种艺术，还是说只是一种复制和记录的手段？早期的许多摄影师也是画家，虽然镜头后的他们往往比画架后的他们更为出色。19世纪40年代，苏格兰风景画家戴维·奥克塔维厄斯·希尔和他技术上的合作者罗伯特·亚当森使用这种卡罗摄影法来捕捉醒目的人像，虽然本意是想作为希尔绘画的参考作品，其本身却备受好评。19世纪50年代，法国艺术家古斯塔夫·勒格雷成立了法国摄影协会，将这种新技术作为一种艺术形式来推广。到20世纪，类似的协会也存在于伦敦和纽约。

由于早期照片中产生的鲜明的色调对比，使用它们作为参考资料的画家们找到了一种描绘世界的新方式——与学院派形式化的明暗对照法大相径庭。马奈和德加在19世纪60年代研究了摄影，马奈《奥林匹亚》的直截了当曾让怀有传统鉴赏眼光的人大为光火，它利用了摄

影风格的布光方式。对于画家兼艺术史学家欧仁·弗罗芒坦来说，这种大胆的直接带来的威胁是使绘画的精神水准下降：“如此清楚，如此明确，如此徒有其表，如此粗俗不堪。”

20世纪20年代，超现实主义者曼·雷和匈牙利构成主义画家拉斯洛·莫霍伊——纳吉等艺术家表明，通过操纵摄影过程，人们可以得出图像，其一点一滴都与画笔画出的同样充满想象、引人注目。然而，这一媒介所具有的大部分艺术力量，正是来自“直接”摄影的真实性。若操作得当，它得出的视觉不仅或激动人心，或充满美感，或令人不安，或触目惊心，而且曾经真实地存在于某个时间点。亨利·卡蒂埃——布列松和罗伯特·卡帕那纪录片风格的照片，跨越了纪录和艺术之间的这个引人注目的边界，在其中摄影似乎拥有了一种社会变革的力量，没有任何画作可以唤起这种力量。瓦尔特·本雅明提出，如果在艺术中，“原真”不再有意义，那它必然变得具有政治性。对于摄影和电影来说，情况无疑是这样。

然而，我的目的不在于追溯摄影的艺术史，而是要看它对绘画作品的复制产生的影响。企业家们不会浪费时间把它做此用途。例如，佛罗伦萨的阿里纳利氏三兄弟，即莱奥波尔多、朱塞佩和罗穆阿尔多，在1852年创立了一个摄影工作室，不仅致力于人像摄影，也从事艺术和建筑作品的单色复制。然而，摄影可以提供的全部不过是乌贼墨色和灰色的色调速写，很难看出它如何能够一直满足艺术爱好者。

麦克斯韦的格纹丝带

彩色摄影的发明早得惊人。看到第一批摄影图像被困在达盖尔银版法的玻璃下，或在福克斯·塔尔博特的卡罗法相纸上用暗银色衬托出来时，观看者渴望有色彩来重新创造在他们眼中留下印象的世界。所以，画家们会为这些早期的照片手工着色。1859年，版画制作者乔治·巴克斯特为一个创意申请了专利，该创意就是使用他复杂的木版技术为照片着色。

然而，这只是在图像显影后添加“假色”的一种更为有效的方法。如果能从摄影曝光直接制作彩色印版，那会好得多。19世纪50年代后期，爱丁堡摄影学会的一位伯内特先生提出了一个建议——现在回头来看相当明显：要运用照相凹版印刷或其他照相蚀刻方法来实现这一点，可以通过在印版上用手抹去不需要颜色的区域这一简单的权宜之计。多色版画可以由单独着色的斑块累积而成，方式与当时手工雕刻

的多色版画的制作相同。在为此目的而制备印版时，珂罗版方法变得大受欢迎。

用照相的方式制作印版肯定比手工雕刻它们要容易。但是，图像中每种不同的颜色仍然需要单独的一块印版。只从三种原色产生全色图像的三色法，意味着极大的节约。为了实现这一点，首先需要以感光的方式曝光照相底版，以从原色中获得分色。

物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦关于色彩光学和加色法原色的研究，以及他对托马斯·杨的三色视觉理论的认识，给了他一个清晰的概念，即如何以这种方式从单色分色（monochrome separations）中创立彩色图像。1857年，他写道：

> 根据[杨的]观点，这三个基本效应对应于红色、绿色和蓝紫色三种感觉，并且将分别向感觉中枢传达红色、绿色和蓝紫色图像的感觉，使得通过叠加这些图片，实际的杂色世界得到呈现。[226]

他于19世纪50年代末期开始为此目的进行实验。在室外自然光线下，在由带有各种颜色条纹的格纹丝带制成的、钉在黑色天鹅绒上的蝴蝶结上，他和助手托马斯·萨顿为火棉胶照相底版曝光。通过在物体和底版之间放置彩色滤光器，他们获得了单独记录每个加色法原色的光的负片。例如，丝带中吸收蓝色和绿色光的红色部分，不会出现在通过蓝色和绿色滤光器完成的曝光中。

这些滤光器是含有彩色溶液的玻璃容器。接触颜料制造领域的人使用的肯定是标准染料；但作为科学家，麦克斯韦更加熟悉学院派化学实验室的颜色：含氨的硫酸铜的皇家蓝、氯化铜的绿色，以及硫代硫酸铁的红色。为了从负片分色中重建全色图像，麦克斯韦通过这些分色中的每一种投射色光，并将投影的图像叠加在屏幕上。他于1861年在皇家研究院进行演讲展示，公布了他的结果。尽管展示取得了巨大的成功，[227]麦克斯韦还是意识到了它的局限性。他知道，自己使用的通用摄影乳剂对红色光和绿色光远没有对蓝色光敏感，因此重建的图像缺乏真实性：

> 如果红色和绿色的图像像蓝色图像那样被完全拍摄，[结果]将是丝带的一幅真正彩色的照片。通过发现摄影材料对不易折射的[长波长]光线更敏感，可以大大改善对物体颜色的呈现。[228]

事实上，感光乳剂对红光的反应太弱，以至于根本不能记录红色

分色。但现代研究表明，对麦克斯韦来说走运的是，紫外光也由他的格纹丝带的红色部分反射，这反而能够将银盐转换为银金属。

对于19世纪的彩色摄影师们来说，需要拍摄同一场景的三个独立图像自然是极大的不便。1893年，有进取心的美国发明家弗雷德里克·尤金·艾夫斯用他的“彩色图”（Kromogram）让事情变得更容易，这种图可以通过红色、绿色和蓝紫色滤光器连续不断地拍摄三个负片。到1900年，他已经找出了一次拍摄三个负片的方法。然后，通过他自己发明的被称为“彩色镜”（Kromscop）的特殊投影设备来观看，彩色图片就得到了重建。

作为重建彩色图像的方法，在商业上更为成功的是1907年由电影摄影术的发明者奥古斯特·吕米埃和路易·吕米埃兄弟研制的彩色底片。这些底片上涂有微小的染成红色、绿色和蓝色的马铃薯淀粉颗粒，在其上放置感光乳剂。曝光是通过染色层进行的，该层发挥着滤光器功能。在显影之后，从该负片制备透明正片，负片中透过淀粉颗粒传递的原色光的小斑点被加以光学组合，以产生类似电视屏幕的像素的彩色图像。

吕米埃兄弟在设计了彩色底片系统的原则之后，过了许多年才将它们投入实践。他们被麦克斯韦发现的问题挡住了去路：现有的感光乳剂不是“全色的”，即对所有波长的可见光同样敏感。直到1905年至1906年，法本公司染料厂的化学家们发明了新的红敏染料，摄影乳剂对红光的吸收才得以增强，以产生真正的全色底片。

从历史角度看，彩色底片系统相当特殊。它代表着一种手段，即通过在胶片的前面原位安装一种彩色滤光片的点彩画屏幕，使摄影乳剂选择性地敏化特定颜色的光。但在1873年，德国科学家赫尔曼·威廉·弗格尔已经提出了一种更好的方法，不再需要麦克斯韦的液体滤光器。他设计了摄影感光乳剂，通过向只吸收红色、绿色或蓝色光的乳剂中加入染料，这些乳剂本身能仅通过三种原色中的一种变暗。这些染料的颜色必须与它们使底版变得敏感的颜色互补：红色染料使底版不是对红色光（它反射或透射这种光）而是对绿色光（它吸收这种光）敏感。

事实上，绿色的理想敏化剂将同时反射红色和蓝色光，因此看起来会带有紫色——被称为洋红的颜色——而不是纯红色。同样，就蓝色敏化剂而言，它反射红色和绿色光，这两种光加色结合成黄色。而红色敏化剂反射绿色和蓝色光，因此具有绿松石的外观，印刷商称为青色。换句话说，理想的敏化剂将吸收大约三分之一的白光光谱并反射三分之二：青色（“白减红”）、黄色（“白减蓝”）和洋红（“白减

绿”）。

弗格尔使用化合物萘酚蓝或花青苷作为红敏底版，粉红色曙红用于绿敏底版。最初，他认为不必为蓝色分色添加（黄色）敏化剂，因为感光乳剂中的溴化银主要对蓝光敏感。但是，他后来使用黄绿色荧光素作为蓝色敏化剂。你可能会注意到，所有这些都是煤焦油染料，都是在相当晚近的19世纪70年代才开始出现的（见图9.1）。

弗格尔兴致勃勃地用这些分色制备三色印版——毕竟，这就是彩色摄影最终为大众提供复制品的方式。但是，他用染料使乳剂对特定颜色变得敏感的方法，也被用于制作彩色透明胶片和彩色正片——这为20世纪60年代业余彩色摄影提供了巨大市场。

朝这个方向迈出的下一步，是1911年德国化学家鲁道夫·菲舍尔发明的一种胶片，它消除了对三种颜色分色的尴尬需求。在菲舍尔的胶片中，三种染料敏化乳剂没有在单独的底片中分开，而是在单个基底上层层叠加（图12.3）。所有的现代摄影胶片都是基于这种设计。329胶片被转换成真正的彩色负片（从中可以得出正片照片）的方式，在今天与菲舍尔所做的略有不同，但原理大致一样。

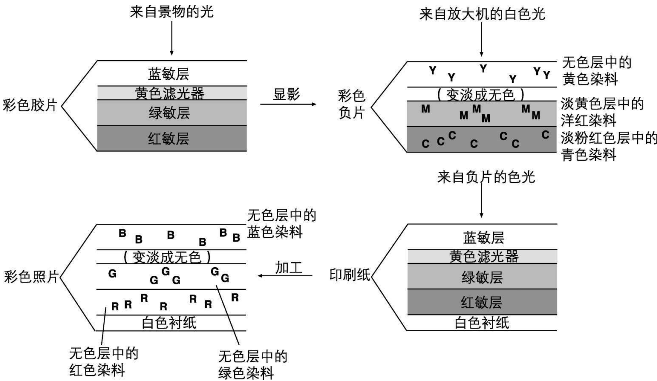


图12.3 摄影胶片包含三个感光层，每个感光层由染料敏化为三种加色法原色之一。黄色滤光器保护绿敏和红敏层免受蓝色杂散光的影响。为了形成负片，用黄色、洋红色和青色的有色染料代替由光的作用形成的银颗粒。为了获得正片，通过负片曝光三层胶片，并且在曝光区域中添加蓝色、绿色和红色染料。

这样做的目的，是将有银颗粒沉淀的变暗乳剂区域转换成适当色相的半透明区域。所谓的偶联剂，被用于在这些区域中沉积染料，这些染料与感光层敏化的颜色互补。例如，在蓝敏层变暗的地方，偶联剂在银颗粒上沉积黄色染料。然后从乳剂中以化学方式除去沉淀的银

颗粒和未曝光的银盐，产生负片透明胶片。

受益于广告公司、艺术画廊和工业企业对彩色摄影的需求，爱克发和柯达这样的摄影公司在20世纪早期快速增长。（你可能还记得，爱克发是从柏林起家的染料制造商。）在20世纪30年代，两家公司分别推出“爱克发卡乐”（Agfacolor）和“柯达克罗姆”（Kodachrome）彩色胶片，下一个十年间他们则把从负片透明胶片制作正片彩色照片的方法推向了市场（图12.3）。

为了减轻材料所具有的最为恶劣的缺点，现代摄影胶片是一种拼凑的东西。银盐向银的转化对高频辐射（即对蓝光）特别敏感，所以位于蓝色下面的红敏和绿敏层必须用插入的黄色滤光器加以保护，以免暴露于通过蓝敏层的任何外来蓝色光。

更成问题的一个事实是，染料作为原色不可避免地不够完美：青色染料吸收一点绿色和蓝色，洋红吸收一些蓝色。这意味着负片中的青色可能将略带粉红的色调传给正片，洋红被黄色沾染。为了抵消这种情况，额外的浅色染料被添加到负片的青色和洋红色层中，以便恢复色彩平衡。

理想状况下，染料应当在它们各自的波长范围内具有敏锐的吸收带，相互之间没有重叠。例如，以这种方式，绿光将不会污染蓝色分色。但是光吸收的物理特征不会以这种方式发挥作用：随着波长改变，吸收的量总是或多或少存在平缓的上升和下降（见图12.4）。人们已经付出相当多的努力，制作在特征上尽可能接近理想状态的染料，即接近纺织工业中所用的那些染料，后者在设计时不是为了满足这种狭窄的约束。因此，由奥托·维特在19世纪发起的朝着理性合成颜色的努力，对于彩色摄影的真实性变得至关重要。

对油墨的信念

詹姆斯·克拉克·麦克斯韦专注于通过投影来以加色法重建他的三色图像，但是不需要多少天赋就能够体会到，他的摄影分色可能被用来通过现有的照相凹版或照相平版印刷技术制备三色印刷的印版。19世纪60年代初有好几个人想到了这一点，优先权就变得有争议了。1862年，法国人路易·迪科·迪·奥龙提出，印版或许可以由通过彩色玻璃曝光的照片制成。1865年，英国人亨利·柯伦在给《英国摄影杂志》（British Journal of Photography）的一封信中勾勒了一个类似

的概念，虽然他并不知道麦克斯韦的工作。这迫使他开始重新发明彩色摄影：

> 今天早上我突然想到……如果发现物质只对原色敏感……就有可能通过类似如下一些方法获得具有自然色调的照片——获得仅对蓝色光线敏感的负片……[229]

但是，把这些想法付诸实践的功劳必须归于维也纳的巴龙·朗索内，他在1865年开始将三色原理运用于光刻技术。朗索内与维也纳平版印刷工约翰·豪普特合作，制作了一幅中国寺庙的版画，这是朗索内作为奥地利帝国东亚远征队队员时拍摄的。豪普特发现有必要为黑色和棕色添加两块额外的底版，以获得满意的结果。

弗格尔的染料敏化摄影乳剂，通过消除滤光器能更直接地制备分色印版。随后，将每块印版以与相应的敏化染料相同的颜色涂上油墨：通常为黄色、洋红色和青色，加上用于强调的黑色分色。例如，由绿敏乳剂制备的印版用洋红色油墨涂覆。

如弗格尔所理解的，关键的考虑是油墨应以与染料敏化剂完全相同的方式吸收光。若非如此，颜色的重新组合就无望忠实地捕捉到原始场景的色相。例如，如果使用微红色油墨而不是洋红色，则它会在最终的照片中应该反射蓝色光的地方吸收蓝色光。

弗格尔说，理想状况下，油墨中的着色剂应该与敏化剂中的那些染料完全相同。这是对化学制品和摄影制品制造商的隐性命令，要求他们使各自的产品彼此匹配。但这是行不通的，因为不是所有的染料都能生产出可用的油墨，原因既有化学上的也有经济方面的。换句话说，在摄影时代，一如在手工镌版（handengraving）时期，三色印刷的成功卡在了材料问题上。

结果不可避免地是一种妥协：人们不得不用任何能够获得的油墨凑合应付。弗雷德里克·艾夫斯（他于19世纪70年代后期将福克斯·塔尔博特的半色调方法引入三色摄影印刷）在1888年提出，应该使用普鲁士蓝（偏绿）、曙红（偏蓝）和一种未指定的“明黄色”。但是摄影师E. J. 沃尔在1925年写道：“更符合严格的理论要求的印刷油墨……似乎［代表着］进步最大的领域……理论上完美的油墨仍然可望而不可即。”[230]

实际上，“理论上完美的”油墨在现实中是不可能的。正如摄影胶片中的敏化染料一样，理想的三色印刷油墨中的每一种油墨，都将在非重叠的相当大的部分中吸收三分之一的可见光谱（图12.4）。但光

吸收过程的物理性能不允许这样：实际的印刷油墨具有边缘平滑的吸收带，侵入到彼此的领域。这就限制了它们在叠加时准确捕捉颜色的能力。

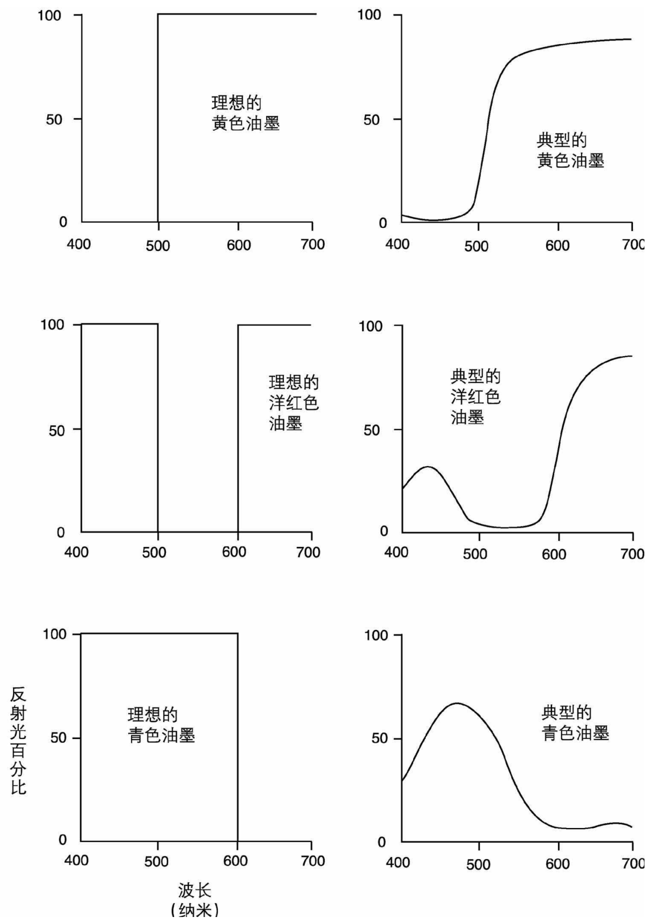


图12.4 用于彩色印刷的油墨应该理想地吸收在明确限定的波长带中的光，没有重叠。在实践中，这种理想是永远无法实现的，并且吸收带有些重叠，从而损害了颜色复制的保真度。

你可以从老书中的任何彩色照片中判断出，印刷油墨如何有效地（或无效地）应对了这些缺陷。对于那些年纪太小而无法获得第一手记忆的人来说，很难逃避这样一种观念：第二次世界大战以后的那些年，世界上的事件都发生在宝石红嘴唇和酞菁蓝天空那浓墨重彩的特艺色（Technicolor）[231]的光芒中，正如第一次世界大战是在单色中进行的。

复件对原作的忠实程度总是会由油墨的质量来决定。油墨是彩色的构件，人们必须尝试用它们在太阳下重新创建每种颜色，并且这样得出的颜色只可能是近似的。例如，朱砂有自己独特的色相，它以特有的方式拨动着光谱中的许多根弦。用青色、黄色和洋红（它们各自拨动着自身的交融和声）来模拟它，就类似于通过以不同比例混合钢琴、长笛和大管上发出的音符来努力再现小号的声音。人们可能用不同的三重奏乐器力争获得相同的结果，并能获得多少有些忠实的近似。因此，一组中世纪三联画那浓郁的朱砂色给人留下的印象（比如从插图书中看到的），完全取决于印刷商对油墨（以及其他材料）的选择。我们可以肯定的一点是，这种印象永远不会与你站在画作原件面前所得到的一样。

1920年，渴望消除这种疑虑的英国艺术类杂志《颜色》（Colour），从多位“伟大艺术家”那里获得证词，证明他们的复制品精确无误。然而，至少在20世纪50年代之前，艺术史学家仍然不愿意接受彩色摄影——甚至是摄影照片，更不用说书中印刷的副本——作为记录图像的有效方法。

到20世纪60年代，根据艺术史学家埃德加·温德的说法，对绘画作品的彩色摄影复制仍然极为原始，最好还是依靠黑白图像。他说：

> 普通的照相底版对较大范围的色调敏感，比能用彩色记录的更广，所以对提香、委罗内塞或雷诺阿作品的最佳黑白复制，就好比对管弦乐乐谱认真的钢琴转录，而彩色印刷，除了部分例外，就像一支简化的乐队，所有的乐器都跑调了。[232]

从当时的一些图书来判断，他的观点不失公允。约翰·盖奇评论说，在剑桥的艺术讲座中使用彩色幻灯片在那时是例外而不是常规。

数字色彩

原则一如既往，技术却日新月异。现代彩色印刷几乎总是从电子图像进行。不需要有“拷贝”能让人握在手中，并在电子扫描原稿和用有色油墨印刷再现的阶段之间进行视觉检查——没有平版印刷的印版，没有摄影负片。即使用到了“摄影”，那也可能是将反射光直接在数码相机中转换成利用磁性记录的数据的矩阵，而不是在摄影感光乳剂中留下印记。然而最终，仍然完成了复制，如勒布隆所做的：通过将三种颜色的油墨进行减色混合和光学混合，并加入黑色作为强调。

计算机软件必须执行细致的思考过程，将扫描的图像数据转换为输出指令，通过半色调方法重新得出色值，用数码电子产品模拟福克斯·塔尔博特用一片黑色薄纱所做的事。点刻成半色调的三色法，仍然是将颜色准确置于页面上的最有效方式。

电子系统允许对颜色复制进行大量的控制，但是这不等于说它们能实现完美的精度。它们可能非常准确，但这不是常规，数字处理有它自己的复杂性。

为了将彩色图像（无论是绘画原作还是原作的照片）转换为电子形式，扫描仪得包含一些器件，这些装置能产生与落在其上的光量成比例的电流。着色的滤光器将落在这些器件上的光分成红色、蓝色、绿色成分。

为了以数字方式存储，图像被分解为小块的网格，每个小块分配单一的一种颜色。该网格的细度最终决定着分辨率（精细程度），此分辨率可以在电子存储图像的印刷版本中恢复。网格越精细，分辨率越好——但也需要更多的空间来存储图像。通常，图像将被存储在与对应于最终的半色调印刷的“颗粒大小”相比更精细的网格上。并不罕见的是，例如，扫描的图像被分解成每英寸数千个小块，而以每英寸300点的分辨率打印几乎就足以实现最高的质量。

在印刷之前，会判断扫描图像中的颜色的保真度和平衡，方式是在监视器屏幕上加以查看。以电子形式存储的图像，是以计算机屏幕上发光磷光点的颜色绘制的。

屏幕上的每个网格点或像素包含三种不同的磷光体材料微粒。当它们受到从监视器背面向屏幕发射的电子束撞击时，磷光体会发出特定颜色的光：一个发红光，一个发蓝光，一个发绿光。电子束被快速扫过屏幕，使得眼睛连续地记录每个发光的磷光点。

因此，磷光体实现了另一种原色系统，这种系统可能与扫描仪的彩色滤光器稍微不同，并且不同于印刷油墨的黄色/青色/洋红色。计算机必须知道，如何在这些不同的系统之间移动它的颜色参照系。但是任何从三原色构造颜色的方法，无论是加色还是减色，必然不可避免地“丢失”一些颜色。通过三种颜色的加色混合能够进入的色彩空间，可以由CIE色品图上的三角形区域表示，三角形的三个角具有这三种颜色（图12.5a）。（但是请记住，这不会显示不同的亮度，所以棕色相当于黄色。）由于完整的色彩空间不是以直线，而是以曲线作为界限，没有哪个原色三角形可以完全包围它。有可能从某一组原色的混合获得的颜色范围，被称为色域（colour gamut）。

那么，对于由扫描仪记录，且“复制品”中的原色系统——无论是屏幕磷光体还是印刷油墨——不能复制的红光、蓝光和绿光的组合，应该如何处理？计算机有两种常用的方法来处理落在色域外的颜色。最简单的是将它们移动到色域的最近边界，从而逼近不能用最接近的颜色捕捉到的任何颜色。这意味着原始图像中视觉上互不相同的两个颜色区域，在复制品中可能变得相同。避免这种后果的另一种方法是，均匀地压缩图像的整个颜色范围，直到所有网格点都嵌入色域（图12.5b）。这会在整个图像中略微移动所有颜色，但能保持极为接近原始图像的平衡。

屏幕磷光体的色域由制造它们的材料决定。可以想象，用于全色屏幕的理想磷光体将对应于尽可能地位于舌形CIE色品图的“角”中的颜色，以纳入尽可能多的色彩空间。但事实上，最好不要冒险过于深入地进入这些完全饱和的角，因为这将需要使用在可见光范围的边缘发光的红色和蓝色磷光体。在这些末端，需要极高的光强来产生对可感知的亮度的感觉。从磷光体中提取这种亮度，在技术上很难实现。因此，由于种种原因，被视为“理想”的磷光体具有更为有限的色域（图12.5a）。同样，很难找到满足这种理想的材料：经典的绿色磷光体（硫化锌镉）不能复制强烈饱和的绿色。

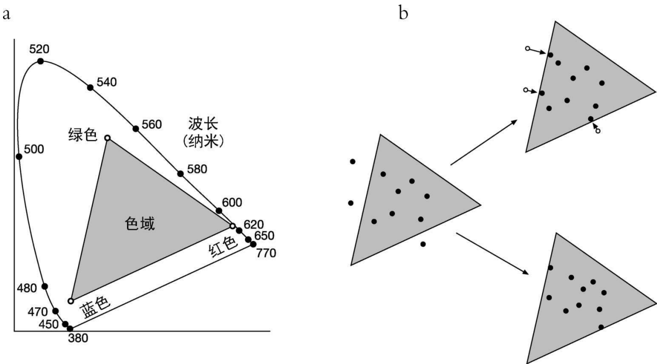


图12.5 a.电视屏幕上的磷光体的色域，显示在CIE色品图上。b.如果扫描的颜色落在色域之外，则落在外面的颜色可以移位到色域的最近边缘，或者可以压缩整个“调色板”。后者保留着色彩关系，但将所有的颜色在板上移位。在实践中，为适应色域内所有已测量的点进行的调整，可能会在色彩空间中带着这些点走过相当复杂的轨迹。

因此，即使在艺术越来越多地被观看、被操纵甚至被创造的计算机屏幕上，材料的局限也限制了颜色上的可能性。随着新的屏幕技术投入使用，特别是基于液晶显示器或发光二极管的平面屏幕系统，新的层次的复杂性将加入这些限制中。在这一点上绝对无法看出，新技术将增强屏幕图像的颜色范围——事实可能恰恰相反。

总体上看，监视器屏幕的红色、绿色和蓝色磷光体，能提供大约1700万种不同的颜色组合。但是通常，已存储图像的调色板将受到更多限制，使得图像可以仅使用适度量的内存来存储。调色板通常包含256种颜色，每种颜色由红色、绿色和蓝色的特定组合构成，扫描图像的色相将通过“查色表”（colour look-up table），即“clut”来与之匹配。因此已存储的图像可能具有比原始图像更窄的颜色范围：我们基本上是在用不可混合的256种颜色的调色板重新绘制图像。但是如果很好地选择了查色表（即数字调色板）来匹配原作的颜色，则应该有足够的多样性使人眼几乎无法发觉差异。另一方面，匹配不佳的查色表会产生色调被改变的图像（彩图12.3）。

优化查色表是颜色匹配的一个关键方面。这可以以不同的方式在不同的计算机系统上进行；当图像在一个系统上扫描并且在另一个系统上被观看或打印时，其颜色范围之所以有可能发生改变，原因正在于此。监视器之间的差异，也可能由于磷光体亮度的变化而改变平衡。由于这些原因，图像如果在机器之间传输，可能会变亮或变暗：在IBM个人电脑上扫描的图像在AppleMac和Unix系统上显示时，往往看起来太亮，而反向传输会产生更深的模糊图像。

为了印刷扫描的图像，计算机必须将为不同强度的红色、蓝色和绿色光编码的网格，转换为以正确的比例和重叠在给定区域中沉积四种（黄色、洋红色、青色、黑色）油墨的指令，以产生与来自原始区域的红色、绿色和蓝色反射光相同的视觉效果。该计算过程由于多种因素而变得复杂——例如，纸的性质（比如白度和粒度）将影响任何给定的油墨组合的外观。在实践中，这些计算似乎极为耗时，无法“当场”完成，因此它们对于整个范围的不同的红/蓝/绿组合是预先确定的，印刷油墨和纸张的质量都考虑到了。接下来，所有计算机都要做的，是在一张存储的表中查找网格图像中每个色块的答案。

对于大规模印刷，例如对于本书，电子存储的图像将真正地体现在印版或墨辊上，这样它们随后就可以被机械地复制。为了将油墨施用于纸上，19世纪开发的大多数方法仍在使用。带有墨辊的平版印刷，按吸墨和斥墨划分区域，是其中最常见的；这种方法通过“胶印”技术进行，油墨首先从印版转移到橡胶布上，橡胶布随后压到纸上。凹版法和凸版法（其中油墨分别保持在印版的凹陷处或携带于凸起区域）继续在寻找着它们的小众市场。不使用印版，小规模印刷工作可以通过“直接成像印刷”更便宜、更方便地完成，其中复制是使用喷墨系统的电子数据直接产生的。

但是说到底，副本质量如何？印刷页面上的色域仍然取决于油墨在多大程度上是优质的原色；理论上完美的油墨仍然“可望而不可

即”。因为洋红色吸收太多的蓝色，青色吸收太多的蓝色和绿色，可能很难准确地复制低饱和度（看起来浑浊）的蓝色、绿色、青色和洋红色。只有在红到黄的范围内，三色复制才能成功捕捉到高饱和度的颜色。例如，纸张基材可能会进一步限制色域：比如，新闻纸使得高饱和度颜色失去光泽，这就是为什么报纸会为光洁的杂志增刊选用更高质量的纸张。色域可以通过使用补充油墨，例如强烈的蓝色、绿色和红色来扩展。这会增加印刷成本，只有要求最苛刻的任务才可以考虑使用。

计算机运用于艺术

正如印刷方法（如木版印刷和麻胶版印刷）本身已经被用作艺术表达的载体，数字时代也为艺术家运用线条和色彩提供了新的方式。计算机艺术仍然是一个新的媒介，人们还不确定是该把它作为一时的风尚听之任之，还是作为视觉艺术的未来欢呼致意。然而，我无法想象，既已存在一代更习惯于手握鼠标而不是画笔的艺术家，数字技术还不能被视为创造性表达的一种手段。到目前为止，还没有出现一个伟大的数字画家，能比肩那些运用从颜料管里挤压的杂乱东西的人，但电子梦想家们毕竟拥有自己的颜料箱快二十年了。

计算机在艺术中的使用始于20世纪60年代，当时数字技术仍然是新生事物，充满神秘，它所产生的图形艺术仅通过单纯的联想就能获得赞誉。电脑制作的单彩作品在艺术画廊中展出；即使它们不比进入音乐厅的冗长的电脑音乐更有价值，但是，这是一个开始。美国画家罗伯特·劳森伯格是一位备受瞩目的艺术家，他看到了未来的雏形。1967年，他与贝尔实验室的物理学家比利·克吕弗发起了一项行动，叫作“艺术和技术实验”。

鉴于色彩在这些早期努力中都缺席了，20世纪60年代和70年代的计算机艺术专注于线条和体积，即专注于空间的建构，就不足为奇了。在早期先驱者弗里德·纳克和曼弗雷德·莫尔那些由计算机生成的作品中，这种专注是显而易见的。但在20世纪60年代，德国哲学家马克斯·本泽想要找出计算机可以探究和利用来产生“美学上正确”的图像的确切法则，从算法角度看待艺术的危险在其中是显而易见的。有人提醒，科学家们正试图在绘画上施加严格的颜色规则，并“纠正”那些违背规则的作品。

计算机艺术想要扩张和蓬勃发展，三个最重要的要素是低成本、

交互式界面和颜色。20世纪80年代，三个要素全都具备了，当时苹果推出了便宜的Macintosh个人电脑及其MacPaint交互式图形软件。（尽管名字很诱人，它们最初只能处理黑白图像。）随着彩色图形变得更加复杂，画家主动打起精神来探究新技术。大卫·霍克尼喜欢使用计算机进行照片拼贴，而安迪·沃霍尔买了一台阿米加（Amiga）计算机，用各种颜色组合来试验他的丝网印刷。

计算机技术现在是快速移动的目标，匆匆一瞥几乎捕捉不到什么持久的意义。艺术家现在有了虚拟的画布，在上面可以做出标记，类似于画笔的笔触、铅笔或色粉画出的线条、喷雾罐的喷溅等——每一类别有大约1700万种不同的颜色。画布可以在瞬间完成修改，毫无成本地开辟或丢弃。但是，当交互、动画、拼贴和交叉引用的可能性如此之大时，对手绘的模仿是否是利用新媒体的最佳方式，这个问题尚无答案。计算机现在最大的问题是它的多功能性：太多的选择会窒息艺术，如文艺复兴时期的着色家们所深知的。

而且，对于以数字方式创作的艺术作品，在真实性和原创性方面并没有公认的概念。每份硬拷贝印刷品是否都算原作？如果不是，到底什么才是原作？一些计算机艺术家通过制作限量版印刷品来处理这个问题——曼弗雷德·莫尔只为自己的作品制作一张印刷品。当然，在某种意义上，那些通过摄影创造美术的人面临着同样的困境，但至少总是存在一张原始的负片。随着互联网使得数字图像的传播变得更加容易，并且由于它逐渐浸染于所有人自由获得的这种文化氛围，计算机艺术中的“原真性”问题及其对商业的影响可能会变得越来越复杂。

瓦尔特·本雅明所预言的艺术从仪式中解放尚未发生——部分是因为摄影从未真正获得与绘画或雕塑相同的艺术地位。也许真正提供这种解放的，将是计算机，而不是相机。

有关系吗？

毫无疑问，大多数艺术家，无论是在世的还是已逝的，看到他们的作品被复制后有时会变成什么样，都会（并且经常）感到蒙羞。我们不应该理所当然地认为事实就是如此。在一种意义上，精心制作的复制品本身之所以成为艺术作品，其选择的颜色即使未能精确地模仿原作，也有效地实现了和谐。这在勒布隆的三色印刷中是显而易见的，其手工制版带有真正非凡的技巧和灵敏。19世纪的单色版画努力传达一幅伟大画作的精髓，其内在的艺术正当性自有理由。技术消除

了许多艰苦的工作，但它需要人眼的指导来惟妙惟肖地复制一幅图像。

也许，当美国画家乔治娅·奥基夫的一些作品在1976年由维京出版社准备好印刷时，以上就是她当时的感受。作为一位对颜色的细微差别感觉特别强烈的艺术家，奥基夫仍然向印刷商表明：“如果画作在印刷完成后感觉良好，即使颜色并不完全正确，也并不真正要紧。”[233]

第十三章 心胜于物——在现代主义中作为形式的颜色

> 当我们明白颜色有属于自己的存在，无限的颜色组合有一种诗歌艺术和诗意语言，比此前的任何东西都更具表现力时，新的艺术将真正开始。
>
> ——索尼娅·德劳内

> 颜色越来越多地争取到了你。某种蓝色进入你的灵魂。某种红色对你的血压有影响。某种颜色使你更健康。这是音色的集中。一个新的时代正在打开。
>
> ——亨利·马蒂斯

自从中世纪以来，画家不断被提醒，他们的调色板远不足以捕捉自然世界真正的壮美。颜料制造商乔治·菲尔德在19世纪40年代说，古代大师们被迫“为了实现协调而使色调远低于自然”，因为他们的色料不够明亮。赫尔曼·冯·亥姆霍兹同意此说：

> 画家不得不对他的对象的光和颜色进行的表现……无法给出忠实于所有细节的再现。艺术家在许多情况下必须应用的经过调整的亮度比例，与此是相反的。[234]

有了现代调色板的塞尚，还是带着明显的痛苦意识到了这一点：“我无法达到在我的感官面前展现的强度。使大自然变得生气勃勃的着色方式丰富而华丽，这是我所没有的。”梵高似乎已经安于这种局限：“画家最好从调色板上的颜色，而不是从自然的颜色着手。”

然而自从透纳开始使用明亮的新色料，绘画不可阻挡地朝着一种共识发展，即画家的任务完全不再是对自然的表现。预示着通向抽象的道路的，是梵高、塞尚和亨利·马蒂斯（1869—1954）所颂扬的从“自然主义”色彩中解放出来。马蒂斯说：“事情的真相是，我们与模仿的色彩保持着最远的距离。”

结果便是单色和强烈的原色的激增。马蒂斯断言："我使用最简单的颜色。我不会自己改变它们，照看它们的是相互之间的关系。"《红色餐桌》（La Desserte，1908）和《红色画室》的红色内饰几乎以不妥协的二维特征压倒一切，消除了图像体积的错觉。评论家约翰·罗素评论《红色画室》称，"这是绘画史上的一个关键时刻：颜色处于优势，并得到充分利用"。

野兽

20世纪对颜色的所有运用，都必须结合马蒂斯来考察，正如对形式的所有运用都与塞尚有关。毕加索同样声称："如果这个世纪所有伟大的着色画家有机会共同完成一面旗帜，上面包含每个人最喜欢的颜色，其结果肯定就是马蒂斯。"[235]

除了那些纯粹喜悦和快乐的，在19世纪化学的钴、铬和镉色相中令人愉悦的颜色外，这些颜色还包括些什么？1897年，马蒂斯放弃他先前灰暗的调色板，转向跳跃着新发明色料那明亮的蓝色、绿色和红色的调色板：很像是印象派的，尽管他不排斥如黄赭石和熟赭这样的土质颜料。他使用了钴紫，而钴紫只是偶尔在印象派中发挥主要作用；在浅色和略带紫色的色调中，他采用了新的镉红色。

值得注意的是，自16世纪从胭脂虫制成的胭脂红色淀推出以来，镉红本质上是红色色料中第一例主要材料创新。马尔斯红（合成氧化铁）是对自古代以来就为人所知的红赭石的提纯；红色色淀的制造在19世纪初得到改进，但没有涉及真正的新出现的着色剂；苯胺红作为艺术家的颜料从来没有真正成功；合成的茜素是与埃及人从茜草根中提取的东西相同的化合物。除了红色，每种原色和二次色在19世纪都得到了颇有影响的新的体现。镉红基本上就是镉黄（硫化镉）中添加了一些硒代替硫。欣然以月亮命名的元素硒[236]，在1817年由瑞典化学家约恩斯·雅各布·贝采里乌斯发现——与镉发现于同一年。硒具有类似于硫的性质，通常与其自然而然地发生联系。

这种色料的起源不容易追踪，因为硫化镉橙本身可以非常接近红色，足以模糊界限。在（身后出版的）1869年版的《色谱法》中，乔治·菲尔德以赞许的口吻谈到被他称为镉红的色料。但是，由于直到1892年的一项德国专利之前，都没有技术文件详细说明这种硫化物——硒化物的结合，我们只能假设菲尔德的颜色（他描述为"橙猩红色"）不过是镉橙的一种特别深的变化形式。无论如何，现在冠以镉

红名称的化合物直到1910年才能作为商业产品获得。1919年，拜耳化工公司开发了一种更可靠、更经济的生产方法。通过改变硒的量，颜色可以从橙色调整为暗栗色。

马蒂斯很喜欢这种强烈的新的红色，它有极好的稳定性。他讲述了自己如何试图说服雷诺阿采用“镉红”代替传统的朱砂，可惜没能成功。不过，由于这是在1904年，马蒂斯有可能说的是菲尔德调查的某种色料，其橙色色调应该比色调更深的现代品种更类似于朱砂。

与塞尚一样，马蒂斯觉得对于一幅画来说，是色彩之间的关系而不是形式赋予了它结构：“构图是这样一种艺术，它以装饰的方式把画家可以调配的各种元素加以安排，以表达画家的情感……色彩的主要目的应该是尽可能好地表达情感。”[237]马蒂斯相信，这种表现力无法从色彩运用“理论”中筹划出来，必须直接来自艺术家的敏感性：“我对颜色的选择不依赖于任何科学理论；它是基于观察，基于情感，基于每种经验的性质本身……我只是试图找到一种适合我的感觉的颜色。”[238]

然而，当从本能出发的着色师们谈论对颜色的运用时，我们要想寻找一致性就不明智了。马蒂斯有一次承认自己“算是半个好科学家”，他在同侪圈子中以坚持理论著称。在他位于巴黎的艺术学校里，马蒂斯让学生们接触谢弗勒尔、亥姆霍兹及其阐释者奥格登·鲁德，通过他们马蒂斯可能对材料产生了兴趣。无疑，马蒂斯从鲁德那里得出的理解是，红色、蓝色和绿色单独就可以“创造出相当于光谱的东西”：以鲁德研究的加色混合物的形式，它们当然可以做到这一点，但不是作为色料。这里依然有可能埋下了马蒂斯的《舞蹈》（Dance）和《音乐》（Music）的伏笔，两者都于1910年绘制，其中这三种颜色以平涂并置的形式出现，每一个都有准亚里士多德式的元素分配：蓝色的天空，绿色的大地，红色的肉体。

在世纪之交，随着印象派作势要成为新的当权派，新印象派奄奄一息，梵高也已离开人世，有足够的空间为一个新的先锋派虚位以待。这个先锋派首先出现在被称为野兽派的运动中，马蒂斯是其名义上的首领。荷兰野兽派画家凯斯·凡·东根如此评价这个群体：“人们可以谈论印象派这个流派，因为他们秉有某些原则。对我们来说，没有什么类似的东西；我们只是认为他们的色彩有点暗淡。”如果将莫奈的睡莲与库尔贝对比，这种指责是很难接受的。把他们与安德烈·德朗的《伦敦桥水域》（The Pool of London，1906）（彩图13.1）对比，一切都变得很清楚。这里的颜色毫无保留，雄辩地说明了明亮的新色料的核心地位，就好像它们是从颜料管里依次挤出来的（事实上经常如此）。

和20世纪早期的其他主要运动一样，野兽派也是印象派的直接后裔。19世纪90年代在巴黎，马蒂斯于古斯塔夫·莫罗门下接受了既古典又开明的训练，但他于1896年为印象派的魔力所倾倒。很幸运地，这位年轻画家得到印象派画家中那位最慷慨、最有眼力的卡米耶·毕沙罗的器重，后者还培养了高更和塞尚，并赏识梵高的天才。

但是，马蒂斯的热情把他带往不同的方向。在塞尚的作品中，他不仅发现一种自威尼斯古代大师们以来就被埋葬的观念（即以颜色作为建构性媒介）得到了复兴，还发现了对色调的和谐与平衡的重视，而野兽派的其他一些画家对此很少在意。同时，从高更那里，马蒂斯了解了“原始”艺术的冲击和情感力量，以及对使用平涂颜色而不是具有立体感的颜色的领会。（与梵高和高更一样，他受到日本版画的强烈影响，这些版画在19世纪末的法国风行一时。）他把自己的影响极为明显地展示出来：

> 说色彩再次变得有表现力，就是在总结它的历史……从德拉克洛瓦到梵高，尤其是到高更，经由印象派（他们清理了地面）和塞尚（他推了最后一把力并引入了彩色的体积），我们可以追溯色彩功能的这种恢复，其情感力量的这一重拾。[239]

但是，对于高更来说色彩有神秘和象征的含义，而对于马蒂斯它不过是用来构成图画的东西。马蒂斯的许多绘画从画布上消除了深度，创立了一个二维平铺的彩色空间，几乎像一块挂毯。他说：“阻止高更被纳入野兽派的，是他没有使用色彩来构建空间，以及他用色彩来表达情绪。”

安德烈·德朗（1880—1954）于1899年与马蒂斯结识。1901年，在巴黎的梵高回顾展上，德朗向马蒂斯介绍了莫里斯·德·弗拉曼克（1876—1958）。此三人是联系松散的野兽派团体的核心人物，而梵高画展是催化剂，点燃了他们那燃烧的色彩。弗拉曼克在临别时大声说，他爱这个荷兰人甚于爱自己的父亲。据马蒂斯回忆，在此场合的弗拉曼克是“一位年轻的巨匠，在表达着他对独断色调的热情，并宣称人们必须用纯钴、纯朱砂和纯委罗内塞绿［翡翠绿］来作画”。谈起在巴黎郊区夏都岛[240]的那些日子里与弗拉曼克的交往时，德朗说：“我们总是沉醉于色彩，沉醉于描述颜色的词语以及为颜色赋予生命的太阳。”

德朗的调色板甚至比马蒂斯的范围更广，几乎没有漏掉一种原色或二次色：所有的镉颜色都有，包括铬酸钡（柠檬黄）和马尔斯黄。莽撞和自我的弗拉曼克使用未经混合的现代颜色，绘制出像《有红色树木的风景》（Landscape with Red Trees，1906—1907）这样亮色

调和刺目的作品，令人眩晕，最终也让他无法发展出成熟的表达方式（到1910年，他所能做的不过是效仿塞尚）。与该团体同样相关的拉乌尔·杜飞（1877—1953）据说已经避开了所有的棕色，使用了整个系列的马尔斯颜色（从黄色到蓝紫色）以及新的天蓝色。还有一个强有力的理由要提出来：是野兽派，而不是印象派，代表了19世纪色料技术进步最辉煌的成果——色彩从传统中的最终解放。

野兽派于1905年突然进入公众的视野，那一年该运动确立了自己的名称。那一年的春天，在独立沙龙（由新印象派画家发起）上，马蒂斯展示了《奢华、宁静与享乐》（Luxe，Calme et Volupté），那是他在圣特罗佩与保罗·西涅克一起进行的短途旅行中刚完成的。这幅画激发了很多讨论，启发了野兽派的其他画家向“分色主义”（Divisionism）靠拢，这种画法是由修拉的点彩画风格演变而来的。

但是，西涅克坚持认为，此风格仍然受到颜色对比和互补规则的束缚，这些规则最终使从本能出发的马蒂斯感到沮丧，从而与其疏远。在《奢华、宁静与享乐》中，他基本上不关心科学上的准确性——他那点画上去的色块太大了，无法按修拉的意图通过光学混合来“加工”。马蒂斯、德朗、乔治·布拉克等人所实践的分色主义，很大程度上只是将颜色分离成未混合的小块（taches）。马蒂斯为保持纯色的完整性，经常表现出近乎中世纪的决心，他还批评新印象派用光学混合物破坏了它。

那个夏天，马蒂斯与德朗一起返回法国南部，回到小镇科利乌尔，在这里创造出了被认为界定了野兽派的风格。在看到高更的一部画集后，他们意识到，自己的方向不是分色主义，而是平面色，即“强烈着色的诸表面的和谐”。与其他野兽派画家一起，他们在1905年末秋季沙龙展示了这次短途旅行的成果。这项展览创立于1903年，作为独立沙龙之外一项门槛更高的替代；独立沙龙来者不拒，意味着精品容易被过多的劣作淹没。

秋季沙龙引起的喧嚣堪比印象派在1874年举行的首次展览，激起了对类似情趣的蔑视。“一锅颜料砸向了公众的脸上。”评论家卡米耶·莫克莱惊呼，蹩脚地重复着1887年拉斯金向惠斯勒发出的谴责。其他人走得更远，几乎被这种低下品味逼疯。“如果没有审美价值，为什么把所有这些疯子放在一起，向公众展示他们的作品？”J.-B. 霍尔写道，“这场新闹剧意义何在？谁在保护他们？”……如此云云，直到最后来一句傲慢的点睛之语：“马蒂斯、弗拉曼克和德朗诸位先生的乱涂乱抹与艺术有什么关系？”

看到这些令人眼花缭乱的作品与一些传统的佛罗伦萨风格的雕塑展示在同一个房间，《吉尔·布拉斯》（Gil Blas）[241]的杰出评论家路易·沃塞勒对马蒂斯说："看！多那太罗在野兽笼子里[dans la cageaux fauves]！"所以，和之前的印象派以及之后的立体主义一样（再次承蒙机智的沃塞勒的好意），野兽派被一句嘲弄的笑话打上了印记。

其他人更有洞察力。创新的纳比派画家莫里斯·丹尼斯说："这是超越偶然事件的绘画，是为了自身缘故的绘画，是纯粹的绘画行为。"看起来就像他预见到了下一步不可避免地会迈向抽象。

但野兽派有更多的新芽。马蒂斯1905年底为他的妻子画的肖像画《带绿色条纹的马蒂斯夫人像》（Portrait with a Green Stripe），似乎在宣布印象派的色彩理论的冗余之外，显示了通向表现主义的道路。在这里，互补色被放弃了，呈现的是不和谐：朱砂贴着紫色，绿色与粉红和赭色相邻。在《蓝色裸体》中，现在回头来看，马蒂斯似乎在为我们接受毕加索令人惊讶的裸体人物做准备。

也许是因为野兽派过于多产，其寿命极为短暂：到1908年，它已不再是一个连贯的运动。在短短四年时间里，野兽派短暂地既拥有康定斯基又拥有布拉克，他们是毕加索在立体主义创立时的两位合作者。野兽派可以被看作一种追赶时期，吸收了只是被印象派部分瞥见的新色彩的可能性。马蒂斯之后，无人回望。

颜色实验

20世纪早期的一些艺术家始终怀着希望，认为科学，而不是直觉，将帮助他们穿越非代表性色彩的凶险水域。1906年，意大利艺术家加埃塔诺·普雷维亚蒂发表了《分色主义科学原理》（Scientific Principles of Divisionism），扩展了新印象派关于对比和光学混合的一些观点。对于意大利未来主义画家如贾科莫·巴拉和翁贝托·波丘尼，这本书产生了很大的影响。波丘尼的《城市的兴起》（The City Rises，1910）是一幅充满色彩生气的图像，但给人的印象是，比修拉对色彩的运用更为系统。"我想要的东西是新的、有表现力的、令人惊叹的。"这位艺术家说，他隐隐在总结着未来主义的宣言。

这幅画可能是对普雷维亚蒂那本书的转录，诱导法国人罗贝尔·德劳内（1885—1941）涉足分色主义。德劳内努力实现类似于彩色玻

璃的发光效果，1907年至1912年间他在法国教堂研究过这种玻璃：1911年和1913年之间完成的一系列绘画被称为“窗”系列。他说：“颜色本身既是形式又是主题。”——但它是真正的色光，德劳内试图模仿，首先试图通过分色主义有望实现的光泽来让人联想到透明度。德劳内随后放弃了用于由塞尚启发的平面色块的点，以及立体主义画家的几何设计。这些绘画，如《太阳圆盘》（Sun Discs，1912—1913），颜色饱和、鲜明，发着光亮，被称为“彩虹碎片”——虽然把它们看作牛顿色轮的突变会更好。诗人兼评论家纪尧姆·阿波里奈尔把这种风格称为俄耳甫斯主义。

在一些人那里，俄耳甫斯主义已被贬为不过是变得抽象的野兽派（德劳内确实在他职业生涯的早期经历过野兽派阶段）。看起来，德劳内正在寻找一种色彩的句法规则，而野兽派对公式没有兴趣。不过，他宣称对科学原则没有耐心：

> 色彩的形式让我发狂，但我不寻求对它们进行学术上的解释……没有哪种有限的科学与我朝着光移动的技术有任何关系。我唯一的科学，是在两种印象中进行选择：一种是宇宙中的光给我的匠人意识留下的印象，另一种是我试图通过发出一道命令把它们集合在一起的那些印象……[242]

然而，德劳内研究过谢弗勒尔，并且可能熟悉鲁德的色彩理论（普雷维亚蒂运用过它）。他利用互补色来提出“颜色运动”的想法。通过似乎矛盾的推理，他声称，并排放置的互补色会产生“慢速”运动，而在色轮上靠近的颜色，如橙色和黄色或蓝色和绿色，会产生“快速”运动。基于这些相当模糊的概念，德劳内坚持认为自己的作品不是真正的抽象，而是基于自然规则。

在美国，俄耳甫斯主义促进了被称为色彩交响主义的运动，其主要支持者是画家摩根·罗素和斯坦顿·麦克唐纳·赖特。色彩交响主义者的相交平面，如果说有什么区别的话，那就是甚至比德劳内的更为明亮。在这位法国人和他的俄罗斯妻子索尼娅（她本人就是一位成就卓著的画家和诗人）所追求的“纯洁的审美”中，人们可以看到极少主义的开始，这种艺术后来在美国发展成色域绘画。

但是，德劳内的弱点就在于包容性。他容纳了整个光谱，又没有做出对所有伟大艺术来说都必不可少的选择，于是面临着一个风险，即简单地绘制彩虹的颜色，而不是把它们构建成令人信服的作品。对于华丽的现代色料，有陷入太深的危险。

没有理论的学校

没有人可以否认，保罗·克利（1879—1940）是一位技艺高超、充满创造性的着色师。让——保罗·萨特对他的评价更高：“克利是一位天使，他重新创造了这个世界的奇迹。”然而，要想将克利的构图归结为任何色彩理论的原则，绝没有那么容易。他是一位色彩魔术师，在某一时刻忙于发光的柔和色调［《干道和小径》（Highways and Byways，1929）］，在另一时刻忙于充满光泽、精细调制的红色［《日落景观》（Landscape at Sunset，1923）］，随后又忙于梦幻般的黑色背景前的明亮原色［《有黄鸟的风景》（Landscape with Yellow Birds，1923），《黑王子》（Black Prince，1927）］。《姑姑身边的孩子》（Child with Aunt，1937）全是秋天的色调；《玻璃立面》（Glass Façade，1940）的玫瑰色、橙色、绿色和蓝色，就好像真正从背后照亮般发着光亮。《光和其余许多》（The Light and So Much Else，1931）在画名中突出了真实主题：光，表面上进行的是分色主义处理，但在其他方面丝毫没有借用新印象派的僵硬规则。

1914年，克利在突尼斯的阿拉伯文化中发现了梦幻般的色彩视觉，这种视觉激发了他的快乐顿悟；没有什么比克利对这种视觉的回忆，能更好地捕捉到色彩所滴注的纯粹的丰沛：“色彩已经抓住了我；不再需要我追逐它了。我知道它永远拥有我。那就是这个幸福时刻的意义。色彩和我融为一体。”[243]

毫不奇怪，既然师傅（Meister）队伍中有克利和康定斯基，位于德国魏玛的包豪斯艺术、建筑和设计学校在20世纪20年代便极为重视色彩。包豪斯成立于1919年，为自己设定的任务——回头来看有些唐吉诃德意味——是既在艺术家和设计师身上培养创造力，又让他们的技艺与行业需求相协调。对于某些人的趣味来说，学校现在代表着所有在现代设计中无灵魂和功能性的东西，具有几何形式并拒绝纯粹的装饰。对于其他趣味来说，它象征着一种卸下矫饰的前卫，是现代主义的核心基础之一。对纳粹分子来说，它只是一个“堕落”艺术的中心，于是他们在1933年关闭了学院。

包豪斯由魏玛艺术学院和魏玛工艺学校合并而来。它的首任校长是建筑师兼设计师瓦尔特·格罗皮乌斯，他的愿景是使制造行业重新认识到艺术的重要性。在过去，制作有用的人工制品的工匠既是技术人员也是艺术家，经过训练去制作既有功用又有审美愉悦（不同于毫无意义的幻想）的物品。随着工业化的兴起，这种关联已经丢失，大规

模生产导致产品没有任何艺术价值。格罗皮乌斯说："艺术家有一种能力，能将灵魂注入机器生产的无生命产品。"

为此，格罗皮乌斯开始招募技巧熟练又有想象力、同时支持纯艺术和实用艺术的人，让他们在包豪斯工作室教学，培养一批新的创意工匠。克利于1921年加入；次年，康定斯基接踵而至。教员中有了这两位名流，学校不愁吸引不来学生——但转头又发现，许多学生想成为现代画家，对实践技艺的训练没有兴趣。

这只是格罗皮乌斯面临的问题之一。学院早期的教职人员中包括约翰内斯·伊滕，他是教授绘画的老师，也是抽象画家兼艺术学者阿道夫·赫尔策尔的学生。色彩理论是赫尔策尔全神贯注的一个领域，他对颜色和声音之间的关系进行了研究。伊滕从导师那里获得了这种对色彩的热情，以及对非常规教学方法的偏好。

伊滕师傅是一个神秘主义者——马兹达兹南派信徒，该教派源出于古老的琐罗亚斯德教。他剃了头，穿着教士的袍子，并鼓励学生们也这样做。伊滕的观念借用了19世纪德国浪漫主义者和他们的继承人，即被称为"桥社"（Die Brücke）的团体中表现主义画家的情绪过度。他没有时间去关注正式的方法，而是考虑"自我发现"，并体验艺术创造力的原始材料。伊滕教学生进行呼吸和专注力练习，并鼓励他们移情于主题。在画圆圈之前，他们会摇着手臂描述圆圈；分析格吕内瓦尔德绘制的十字架时，他们必须像抹大拉的马利亚那样哭泣。

所有这一切使得伊滕成为一个有魅力、有争议且不随和的师傅。据他的学生保罗·西特罗昂称，"伊滕身上有一些恶魔般的特征。作为一位师傅，他或者受到强烈的爱戴，或者遭到对手同样强烈的憎恨——他的对手可不少。无论如何，不可能忽视他。"[244]

人们有一种感觉，即包豪斯在20世纪20年代初期是在几乎失控的无政府状态下运行的，尽管格罗皮乌斯付出了最大的努力。对于克利和康定斯基这样反复无常的人来说，这绝对算不上恶劣的环境，但它很难促成一种连贯的理论基础。没有哪个方面比包豪斯对色彩的态度更明显地表现了这一点。

包豪斯继承了魏玛工艺学校的一种传统，即由新印象派启发的对色彩的理性实验。伊滕自己渴望一种"色彩的基本原理"，但对于如何确立这样的原理没有提出明确的想法。康定斯基负责色彩方面的大部分教学工作，包豪斯精神认为应该从物理、化学和心理的角度来研究色彩。康定斯基试图在色彩心理学中进行"科学"的共识实验，便是这种精神的表现，然而结果不过是削弱了他对于色彩的情感语言那相当

教条的想法。

事实上，似乎很清楚的是，克利、康定斯基和伊滕都没有透彻把握当代关于色彩的科学观点。克利的讲座援引了歌德的观点，以及奥托·伦格和欧仁·德拉克洛瓦这样的艺术家对互补色的运用。但他认为就艺术家而言，这些理论的价值是有限的——原因尤其在于，科学家的“颜色”与艺术家的色料不一样：“当然我们可能用上一点儿，但几乎不需要什么色彩理论。所有可能的无限混合物都不会产生施韦354因富特绿［翡翠绿］、红铅和钴紫。”[245]

没有任何真正的迹象表明，包豪斯的任何人对色彩的化学基础有任何了解。例如，伊滕与色彩的材料方面的隔膜，使他固执地认为，中世纪艺术中圣母长袍的蓝色具有的主要是象征意义。伊滕的《色彩的元素》（Elements of Colour）中包含很多令人感兴趣的内容，但完全没有留意色料这一色彩之源。

显然，这些都不会妨碍人成为真正伟大的画家，或者成为富有想象力的着色师；但有人可能只想知道，学生们会如何理解这一切。人们会发现，围绕包豪斯飘浮着各种色彩理论的碎片，不论其中的某一些与其他的如何明显地相互矛盾。难怪包豪斯校友、后来成为该校导师的约瑟夫·阿尔贝斯，要到一种纯粹经验的方法中寻求慰藉。他称色彩为“艺术中最有相对性的媒介”，易于随着背景而改变。包豪斯关闭后，阿尔贝斯移民到美国，在北卡罗来纳州的黑山学院教绘画。他在20世纪50年代开始创作名为《向方形致敬》（Homage to the Square）的系列作品，一直坚持到1976年去世，那时他那平涂叠加的方形已成为美国极少主义的象征。这些图像处于艺术和实验之间，为他颇有影响力的著作《色彩的相互作用》（Interaction of Color，1963）提供了基础；他在这本书中呼应康定斯基，提出原色、二次色和三次色的某些组合具有特殊的情感意义。

不足为奇的是，鉴于伊滕对偶像的叛逆，他在包豪斯注定不会长期停留。他与格罗皮乌斯的愿景的根本争议，在于与商业世界妥协这一想法上。伊滕确信，真正的创造力必须源于不受工业那粗鲁的现实需求束缚的自我认知，并相应地安排他的课程。他要求格罗皮乌斯有个决断：或者纯粹做艺术，或者完全讲实用。但是格罗皮乌斯坚持认为，“我是在这些生活方式的融合中，而不是在割裂中寻求统一”。1922年，他表达了忧虑：“如果与外部世界的运行和工作方法失去联系，包豪斯学院可能成为怪人的避风港。”伊滕心领神会，在白眼中离开，临别时明志要“坚守他的浪漫主义岛屿”。

格罗皮乌斯在1923年意味深长地提议用一名化学教师来替补伊

滕，以促进重新把色彩作为材料来研究。（1923年的包豪斯宣言明确地将色彩归入此类，与木材、金属、玻璃等放在一起。）学院重新开设了染色技术工作室，该工作室曾是魏玛工艺学校的一部分。在1925年搬迁到德绍后，包豪斯重新确立了其作为实践训练场所的使命。克利和康定斯基继续教授绘画，但更多地是以“驻校艺术家”的精神往此机构中灌输美学，而不是作为一种新类型现代主义者的明星教师。

“谢谢，但还是算了吧”

包豪斯在20世纪20年代初对色彩的材料方面的明显拒绝，可能源于某种比该学校师傅的神秘倾向更为具体的东西。对于德国化学家弗里德里希·威廉·奥斯特瓦尔德（1853—1932）的色彩理论，伊滕的老师赫尔策尔是直言不讳的反对者。1909年，奥斯特瓦尔德因为在物理化学领域的研究工作被授予诺贝尔奖，该学科几乎是他和其他几个人创立的。作为一位自童年以来就自己制作色料的业余画家，奥斯特瓦尔德在所有方面都对色彩产生了浓厚的兴趣。

在诺贝尔奖获得者当中，很难说只有奥斯特瓦尔德一个人获得确信，认为所获的奖项让他随后的任何想法都无懈可击。但是，很少有人在传播这些想法的时候，会表现出如此坚定的武断和傲慢。他怀抱的信念是，在艺术中有绝对的色彩原则（当然，就是他自己的原则），违反这些原则会导致“错误”的艺术，需要纠正；这很难让他得到更崇尚本能的人的好感。再加上强有力的社会主义信念，即艺术应该服务于人民，而不是个人，这就确定会使他面临不断的冲突。马克斯·德尔纳说：“当奥斯特瓦尔德教授分析提香，宣称一块披风的蓝色高了或深了两个色调时，画家们似乎觉得有点好笑！那就是提香自己的蓝色。”[246]这句话无疑说出了很多人的心声。

在包豪斯，克利和伊滕一样反对奥斯特瓦尔德的理论，并且同样激烈。1904年，年轻的克利是少数几个对奥斯特瓦尔德的手册《给一位画家的信》（Malerbriefe）表示热情的艺术家之一，称之为“对所有技术问题的出色的科学处理”，但克利后来的看法却相当尖刻：

> 在不久前读到奥斯特瓦尔德的色彩理论后，我开始理解大多数艺术家的一个共同之处，即对颜色作为一门科学的厌恶。我给了自己一点时间，看看是否能够成功地从中获得一些有价值的东西，结果只能得到一些有趣的想法……科学家经常发现艺术是幼稚的，但在这种情况下，位置被颠倒过来了……［像奥斯特瓦尔

> 德那样]认为使用等值色调创造和谐的可能性应该成为一般的规则，则意味着放弃灵魂这一财富。谢谢，但还是算了吧。[247]

康定斯基却是矛盾的，并在1925年赞成奥斯特瓦尔德的观点，格罗皮乌斯和设计师中更倾向于技术的那部分人则一直以同情的眼光看待这些观点。

奥斯特瓦尔德的理论有一个特点，对一名科学家来说似乎很奇怪，那就是把绿色与红色、黄色和蓝色一起确立为“原色”。奥斯特瓦尔德的《色彩入门》（The Color Primer，1916）一书中给出的色轮，在24个区间中划给绿色的不少于9个。不过，对于绿色作为蓝色和黄色的“二次”混合物这一概念，奥斯特瓦尔德没有异议。相反，他认为绿色在感知上是自主的，承认了在很大程度上要归功于歌德的色彩的心理维度。奥斯特瓦尔德的体系来自维也纳心理学家埃瓦尔德·黑林的理论，后者设定了三组与歌德理论的二元论有强烈共鸣的“对立颜色”：黑色和白色、红色和绿色、黄色和蓝色。

然而，奥斯特瓦尔德色彩理论最重要的方面，是他分配给颜色中的灰色成分的角色：他将灰度值（或亮度）的维度引入色彩空间。奥托·伦格的色球试图通过从黑色一极前进到白色一极来拓展一维色轮，但它没有为灰色本身找到任何的地方。阿尔伯特·孟塞尔的三维色彩空间更进了一步，奥斯特瓦尔德1905年在哈佛见到孟塞尔时深受该空间理论的影响。奥斯特瓦尔德希望将这个抽象空间转化为一系列与艺术家相关的原则，即转化成实现和谐的色彩构图的手段。

他这样做时，首先是建立了一个均匀变化的感知步骤的灰度。根据奥斯特瓦尔德的说法，这些步骤服从黑色和白色的渐进比率之间的数学关系。然后，奥斯特瓦尔德将该灰度应用到他的24区间色环上的每个色相上，并且声称这样的色彩和谐是由于使用的颜色的值（即它们的灰色成分）是平衡的。这是《色彩入门》中阐述的中心思想，克利极为不屑地谴责了这本书。最终给画家的是一个建议：用白色调和颜色并实现色彩平衡。

这应该是对色彩理论的一项足够坚实的贡献，但奥斯特瓦尔德把它变成了一场运动的基础。他的化学专业知识让他有不寻常的能力，能将理论转化为与实际制作出颜色的色料相关的术语——奥斯特瓦尔德在德国颜料行业的顾问角色，意味着他能够把这个理论融入商业颜料产品。1914年，他代表德意志制造联盟（Deutsche Werkbund）在科隆安排了工业涂料和染料的“色彩展示”，并于1919年在斯图加特发起了一系列以色彩为主题的技术会议；今天，这些会议仍在定期举行。奥斯特瓦尔德的孩子们如此描述晚年的父亲：他在实验室不停地

工作，胡子拉碴，上面满是色料颗粒，闪烁着彩虹的所有颜色。

20世纪20年代，奥斯特瓦尔德大力推广他的想法，使这些想法在当时的欧洲艺术家中显得卓尔不群——无论是作为实践的基础还是诋毁的对象。据说他在荷兰风格派（De Stijl）画家，如皮特·蒙德里安、特奥·凡·杜斯堡和J. J. P. 奥德中已经成为偶像人物。但是极为关心原色问题的蒙德里安，似乎很难理解奥斯特瓦尔德的理论对他自己的颜色运用来说意味着什么：应不应该包括绿色？当这位荷兰人纠结于如何根据一知半解的理论原则填补自己的网格时，克利则凭借不受拘束的直觉让自己的网格光彩熠熠——从这番景象中，也许可以悟出点什么。

第十四章 纯粹的艺术——新的材料，新的视野

我认为，图画如果是从现实世界绘出的，它就更像现实世界。

——罗伯特·劳森伯格

这是一个全新的色彩概念，它被斯特拉权且用文字表述出来……当时他说……“我尽量把颜料保持得像在罐中一样好”……斯特拉试图把颜料“保持”得如此之“好”，表明他知道可能很难在原始状态下改善材料，一旦颜料被运用于艺术，就很可能不像在“罐中”那么有趣。

——大卫·巴彻勒，《恐色症》（Chromophobia，2000）

对于20世纪的艺术家来说，媒介传递着属于自己的信息。由立体主义画家探索，并由超现实主义者马克斯·恩斯特加以完善从而变得怡人的拼贴画，将现实世界的质地纳入构图。拼贴画直接描述了艺术家所处的社会环境：报纸、烟盒、咖啡馆家具的藤条仿制版，所有这些都赋予作品一种都市气息和直观性，画布上的颜料只能模仿。乔治·布拉克用沙子和锯末来强调他的颜料的坚固性，即物质特征。在马塞尔·杜尚的“现成品”中，媒介完成了所有的工作，艺术家只需加以选择就行了。重要的不是我们看到的东西，而是由其作为工作室产品的身份或在美术馆中的位置所提出的问题：什么是艺术？

什么是艺术？我们刚刚经历了历史上的第一个世纪，在此世纪中那个问题已经失去了边界。19世纪的批评家只需要区分好的和坏的，注意力的对象已经明确地定了框架、上了光、挂了起来，等候查看。今天，我们可以在街上路过一块广告牌、一堆碎石、一个举止古怪的人、一片涂鸦，同时自问：那是艺术，还是只是生活？

20世纪的艺术家们让媒体传递了相当多的信息，在某些方面他们回归到了中世纪态度的世俗版本：材料具有自己的内在价值和象征意

义。艺术的质料不再是它在中间的几个世纪所变成的那种被动工具，受到安排和运用，直到在图像本身之下消失不见。材料的选择本身可能传递着政治信息，或具有颠覆性，或具有精神性，或令人震惊。艺术是由动物尸体、人的体液、排泄物制成的。

然而，极少有——如果有的话——现代画家像中世纪或文艺复兴时期的画家那样理解了他们的材料。很少有人看起来关心他们的罐子（战后颜料的首选容器）里实际有些什么，或者表现出很多好奇心。无论如何，色彩受到新的合成着色剂发展的刺激，以令人困惑的方式大量出现，没有哪个艺术家有望跟上材料发展的步伐。结果，画家们多半取用他们被给予的颜色，做最好的打算。甚至马克·罗斯科——最重要的现代着色师之一，也是一个罕见的迷恋技术知识的人——偶尔也会使用无法抵挡时间侵蚀的色料，所以他的一些画作已经失去了冲击力。

这就是20世纪艺术的裂体生殖特征，很少有传统类别幸存下来。米开朗琪罗当然既是画家又是雕塑家，阿尔贝蒂既是画家又是建筑师。但他们做这些事时一次只做一件。毕加索也是如此，但到了20世纪末，边界消失了：绘画与平面画布无关了，装置可能会合并图像和空间，以及光线和触觉体验。艺术家的媒介是这个世界：树木和冰，城市及其附属物，山和天空。所以我们几乎不会感到惊讶的是，现代的颜色也是一块多面的宝石，不再唯一地由颜料盒定义，甚至不再由彩虹或孟塞尔图集定义。这样一来，艺术家如何获得色彩的问题，就变成了既是艺术哲学问题，又是相关的技术问题。色彩本身正在被重新发明。

工业色彩

马歇尔·麦克卢汉说“媒介即是信息”，其语境是20世纪60年代的波普艺术，这种艺术坚持认为除了媒介不可能有其他信息。在克拉斯·奥尔登堡的汉堡包雕塑中，这种媒介俗丽、粗糙、黏稠，因为这就是它描绘的快餐的性质。安迪·沃霍尔的工作是重复的，因为它引用的广告依赖于重复。艺术是批量生产、用后即扔的，因为它所嵌入的文化同样如此。从某种意义上说，这种艺术不过是在反映产生它的文化——它没有“说出”任何尚未被说过的东西。

然而，这是远离伊夫·克莱因、马克·罗斯科或杰克逊·波洛克的世界，更不用说远离马蒂斯和康定斯基。20世纪后期的主要着色师的关

键主张是，是颜色本身——也就是说，其物质本质——将信息传递给观众的。信息可能是心理的、情感的、精神的；当然，对于这些艺术家来说，它不像波普艺术那样鲜明和直率。但它的传达方式不是通过仔细描述基督在十字架上的痛苦，或一个疲惫的老人含泪的眼睛，或一个女人脸上那破碎的、矛盾的表面——也就是说，不是通过线构。色彩自己说话，除了自己它什么也不代表。

这是一个激进的观念，虽然我们可以追根溯源，至少回溯到歌德的《色彩理论》。此观念的现代化身往往归结到康定斯基身上，他被（无意义地）描述为第一位抽象画家。关于康定斯基的顿悟有个传说，说他有次散步回来，瞥见自己早期的一幅具象作品倒立在一边。所有参考对象的移除，使得纯粹色彩的完全影响作用于他的感官。他意识到，对象——“物象”的作用不过是阻碍这种与色彩的直接交流，阻止进入物质形式之下更深层的现实。“只有当物象成为象征时，现代艺术才能诞生。”他说。

一个对于色彩不像康定斯基那样极其敏感（和在神经系统方面敏感）的画家，是否能得出这样的结论？这是深刻的洞察还是天真的神智学？这一点无关紧要。抽象是不可避免的；看看塞尚或高更的作品，任何人现在都可以看出这一点。当然，所有的艺术家都创造自己的“祖先”，如博尔赫斯说卡夫卡那样。但是很难想象，在西方艺术世界于20世纪的黎明还没有准备好接受抽象艺术时，它竟如此迅速地变得如此普遍——部分是因为它开始沉浸于强烈的色彩中。美国艺术家唐纳德·贾德说：“对色彩的需求，其中的意义对早期具象绘画的破坏作用比任何其他东西都要多。”

然而对于想要以非具象的方式绘画的艺术家来说，色彩是一个不忠的盟友。因为真实事物也是彩色的，我们不能轻易放弃那种关联。根据艺术史学家菲利普·莱德的说法，

> 要想完成抽象的图像，你必须确保色彩不使人联想到或不呈现出非抽象事物，如天空、草、空气或阴影的气质（试试黑色，如果它太富诗意，试试铜或铝）。[248]

因此，抽象对色彩提出了新的要求。在20世纪下半叶，一些艺术家如莱德所建议的那样，使用完全未经严格“着色”的颜料，而且不是首先用于美术。

其中一位是弗兰克·斯特拉，据说他“以工业方式”使用工业涂料，也就是说，像应用于建筑物或栏杆一般。在这里，色彩的媒介与其现成的美感相伴，是最适合现代时期的一种：匿名，没有魅力，批量生

产。今天，每件东西都被赋予一种颜色，无论是办公室走廊、战舰还是计算机终端。它们不再是价格的标志：与群青近似的颜色可以成加仑地购买，染成紫色的布可以论码购买。

于是，20世纪下半叶许多主要艺术家，从美国抽象表现主义画家到波普艺术家，以及包括大卫·霍克尼和彼得·布莱克在内的英国画派，其作品只能参考他们所用材料的技术和经济背景来理解。这再次让人回想起中世纪和文艺复兴时期行会、合同和贸易模式所施加的限制，因为艺术家的作品，而不仅仅是他或她的实践，带有一种世俗考量的印记，涉及材料的成本、是否好买及其性能。利用新化学技术的辉煌产物，前拉斐尔派描绘了一个科学从来未经“污染”的世界。但对于杰克逊·波洛克来说，新型颜料不仅要求有新的技术，而且对画家现在面临的任务至关重要：“在我看来，现代画家无法以文艺复兴或任何其他过往文化的古老形式来表现这个时代，包括飞机、原子弹、收音机等。”[249]然而对于波洛克和他的许多同时代人来说，使绘画风格的创新得以实现的新的材料形式，与其说与色彩相关，不如说关乎色料的黏合剂。色彩将要顺从的不是线条或形式，而是肌理和一致性。

新的媒介

从20世纪初开始，合成黏合剂被用于制造具有前所未有的品质的颜料。“我使用的大部分颜料是液体的、流动形式的。”波洛克说，他的喷溅技法不可能用其他任何颜料来实现。[250]他使用的亮光瓷漆涂料是为满足家庭和工业用途而批量生产的，价格足够便宜，让他能够涂覆巨大的画布，并能以其他昂贵材料无法实现的方式进行实验。

美国艺术家肯尼斯·诺兰德承认，在他和同行们选择这些大众市场涂料时，经济上的考虑是一个重要因素。在20世纪40年代，他说：“画画是挣不到钱的……他们弄不到好的艺术材料，几乎不得不走出去，开始使用家用涂料，即瓷漆涂料。”

然而，成本不是唯一的因素。墨西哥壁画艺术家戴维·阿尔法罗·西凯罗斯（20世纪30年代，正是在他的纽约画室，波洛克和莫里斯·路易斯开始试验商业涂料）意识到了这些材料的耐久性。当彼得·布莱克于20世纪50年代开始使用亮光瓷漆涂料时，部分是因为它们与露天展览会场绘画的关联，他对这种绘画极有兴趣。英国画家帕特里克·考尔菲尔德也对家用涂料产生了兴趣，因为它们鼓励不带个人特征的照

牌画（sign-painting）风格，平面上没有明显的笔触（彩图14.1）。

20世纪50年代和60年代的这些画家以及其他年轻画家，也有逃离与油料相关的学院派“绘画性”的欲望。美国画家海伦·弗兰肯特尔惯于使用丙烯酸乳液，因为它们“不带情感”。英国艺术家约翰·霍伊兰说，在那些日子里，“油画颜料带有穷音乐家和没饭吃的艺术家的意味”。相比之下，像丙烯这样的新颜料媒介“令人兴奋的方式，似乎像人们对使用塑料和铝……以及其他工业材料感到兴奋一般”。几乎同样的冲动，导致19世纪晚期进步的法国画家们放弃了为作品上光的做法：这是对已成规范的学院派绘画实践标准的摒弃。甚至在20世纪的最初几年，20世纪50年代绘画如此典型的无光表面就已受到恩斯特·路德维希·基希纳这样的表现主义者的看重，因为它能给出“一种更强烈的表达”。

正如从鸡蛋坦培拉到油料的过渡所显示的，一种新的颜料黏合剂改变了色彩的边界及其应用。例如，它改变了色料的光学性质，也改变了干燥时间——言外之意即颜色混合的时间。也许更为引人注目的是，那些直接从罐子里使用商业涂料的战后画家，比如彼得·布莱克，其调色板实质上是由制造商确定的；这些制造商为一个极为不同的市场生产产品，而且当时几乎没有意识到艺术家们正在使用他们的材料。弗兰克·斯特拉承认，在他绘画生涯早期，他的颜色范围与心血来潮的时尚之间是反向关系——他使用的家用涂料是打折出售的，因为它们的颜色在风格上已经过时了。“我只是接下普通涂料店不得不提供的东西。”他说。以基本相同的方式，涂鸦艺术的显赫影响要完全归功于喷雾罐中产生的荧光色彩的范围。然而，很少有人像被公认为“波普艺术之父”的罗伯特·劳森伯格那样，让他们的调色板如此受制于涂料行业。他曾经买过一些便宜的、未贴标签的家用涂料，开盖后看到什么颜色就用什么颜色作画。

这些新型颜料是“塑料时代”的明显产物；但为了让人清醒，要提醒的是，这个时代开始于19世纪上半叶。1832年，德裔瑞士化学家克里斯蒂安·弗雷德里希·舍恩拜因发现，作为植物纤维主要成分的天然聚合物，纤维素可以通过使棉纤维与硝酸发生反应而转化为半合成材料。舍恩拜因得出的产物可以用模子制作并加以硬化，通常被称为硝酸纤维素或硝化纤维素。

19世纪60年代末，纽瓦克的约翰·海厄特和以赛亚·海厄特兄弟发现，如樟脑这样的“增塑剂”能使硝化纤维素变得柔韧；他们那被称为赛璐珞的新材料为兄弟二人带来了财富。但硝化纤维素最让人感兴趣的性质是其爆炸性，由于这种性质它也被称为火棉（gun cotton）。第一次世界大战期间，硝化纤维素被大量制造。

在战争结束时，突然之间，这种在当时显得冗余的物质严重过剩，于是便为它寻找新的用途。硝化纤维素溶解于有机溶剂并加入树脂，能提供一种清漆，这是一种合成漆。用色料着色后，它成为一种坚韧、有光泽、快干的涂料，后被称为瓷漆。[251]瓷漆涂料的这些特点使它们深受不断扩张的汽车工业青睐，位于美国的杜邦化学公司开始向通用汽车公司提供瓷漆。结果，为一辆汽车喷漆所需的时间从20世纪初的七至十天下降到20世纪20年代的大约三十分钟，这可是对大规模生产的强大推动。

20世纪30年代，西凯罗斯开始使用被称为杜科（Duco）系列的杜邦瓷漆。20世纪50年代，英国艺术家理查德·汉密尔顿使用了硝化纤维素喷漆，特别是在《她在微醺状态中》（Hers Is Lush Situation，1958）这幅以汽车为主题的画中。虽然他向当时一些（捕风捉影的）怀疑承认，这些工业涂料既然如此费钱，必定比艺术家的颜料更好，但他做出366这种选择的主要原因其实是象征性的：

> 我希望作品与源头的关联越密切越好……一切的目标不是去代表对象，而是象征对象……它想要成为一辆汽车，所以我认为使用汽车颜色是恰当的。[252]

汉密尔顿在其他关于技术性人工制品的作品，例如在《她》（e，1958—1961）中描述的家用电器上，使用了硝化纤维素瓷漆涂料；这也是出于大致相同的考虑。以汉密尔顿为核心人物的英国独立团体，明确提倡一种拥抱现代科技发展的艺术。

在艺术家圈子里，最著名的瓷漆涂料品牌大概是瑞普林（Ripolin），由一家法国公司自20世纪初以来为家用而生产。亚麻籽油最初用作黏合剂，加入树脂后会韧化并形成高光泽度的表面。瑞普林的声誉要完全归功于毕加索，显然因为其耐久性，毕加索至少从1912年起就广泛使用这种涂料。他对瑞普林系列的认可赋予其一定的神秘感，激励后来的许多艺术家使用相同的材料。（不过有人提出，毕加索倾向于用“瑞普林”作为商业涂料的通用称谓，就像英国人把任何真空吸尘器都称为“胡佛”一样[253]——所以他可能实际上完全没用过瑞普林这个牌子。）

作为大多数工业和家用涂料中的黏合剂，硝化纤维素现在已由被称为醇酸树脂的新型合成树脂取代。这些都是聚酯聚合物，它们与油料混合以制备快干涂料媒介。第一种醇酸树脂生产于1927年，自20世纪30年代后期起在美国、自20世纪50年代起在欧洲，在商业涂料中被用作黏合剂。这种醇酸树脂能比硝化纤维素承载更多的色料，因此可以产生更强烈、不透明的颜色。杜邦公司从20世纪40年代开始使

用醇酸树脂代替杜科系列中的硝酸纤维素，而瑞普林也从干性油转向367醇酸树脂。然而，艺术家颜料制造商们对于醇酸树脂引起的热情反应迟缓：温莎＆牛顿公司是为艺术家提供醇酸树脂颜料的少数公司之一，这些颜料仅在20世纪80年代推出。

这些合成的树脂基颜料的一个不便之处在于，与油画颜料一样，它们必须用松香水之类的有机溶剂稀释——这种操作复杂而有害。不可避免的是，迟早会有人设计一种颜料媒介，操作方法类似于油画颜料，但可以用水稀释。1953年，丙烯酸乳液登场了。

丙烯酸塑料，包括有机玻璃（Plexiglas）这样的硬塑料，自20世纪30年代以来已经可以从商业途径购得。液体丙烯酸聚合物不溶于水；但是在丙烯酸乳液中，聚合物那承载着色料的微小颗粒分散在水中，通过被称为乳化剂的皂状物质防止聚结。涂料膜层干燥后，水分蒸发，丙烯酸转化成牢固但柔韧的涂层。一旦凝固，这种涂料是不透水的。

第一种丙烯酸乳液是建筑涂料，但美国永固色料（Permanent Pigments）公司采用相同的配方，生产了一系列名为“丽唯特”（Liquitex）的艺术家颜料。像安迪·沃霍尔和海伦·弗兰肯特尔这样的艺术家，在20世纪50年代对它们进行了试验，但其具有流动倾向的黏稠度不适合大多数人的趣味。一直到丽唯特于1963年修改配方，增强了黏稠度，变得更像油画颜料，才受到艺术家们的青睐。乔治·罗尼父子公司在20世纪60年代初推出了一种英国版，即克瑞拉（Cryla）系列。

除了可以用水稀释，丙烯酸乳液的另一个重要的吸引力是能快速干燥：新的涂层通常可以在一小时内覆上。正是这一点，促使大卫·霍克尼在1963年从油画颜料转向丙烯酸：

> 用油画颜料作画时，我总是要同时至少在三四幅图画上忙碌，因为那样才可以每天都持续工作……不得不等待颜料干燥。而现在，则有可能一直忙于一幅画。[254]

丙烯酸通常能提供与油画颜料相当不同的颜料表面：平坦而不透明，没有笔痕，对于追求20世纪60年代典型的非个人风格的画家来说是理想的表层颜料（finish）。而且，霍克尼说，这种颜料能很好地服务于色彩：“使用简单而大胆的颜色时，丙烯酸是很好的媒介：颜色极为强烈，且一直保持着强烈，不怎么改变。”[255]然而用水稀释为半透明状后，丙烯酸可以像油画颜料一样罩色，其优势是透明色层会在几分钟内干燥。霍克尼在《克拉克夫妇和珀西》（Mr and Mrs

Clark and Percy，1970—1971）中使用了这种传统技法。然而有趣的是，后来，在开始以更为自然主义的风格作画时，他感到不得不回到油画颜料上。看起来，媒介必须适合主旨。

事实上，丙烯酸首次被用作颜料媒介，不是作为分散于水的乳液，而是作为与水不混溶的树脂，其中聚合物溶解在有机溶剂中。20世纪40年代后期，美国颜料制造商伦纳德·博库尔和萨姆·戈尔登与一家丙烯酸树脂制造商合作，为艺术家设计了马格纳（Magna）系列丙烯“溶液”颜料；他们的宣传语是：“五百年来第一种新绘画媒介。”管装的马格纳颜料稠度类似于油画颜料，可以用松节油稀释。它们甚至可以与油画颜料混合。该颜料能负载很多色料，因此可以相当程度地稀释而不损失颜色强度，而稀释后的油画颜料却会变得半透明。这一属性吸引着美国色域艺术家，如马克·罗斯科、巴尼特·纽曼和肯尼斯·诺兰德，以及像罗伊·利希滕斯坦这样的波普艺术家。博库尔很高兴能直接与艺术家们接触：他与画家莫里斯·路易斯合作，开发一种定制版的马格纳颜料，适合路易斯那极为个人化的风格。博库尔有时会测试新的马格纳产品，把它们免费提供给他那忠诚的美国画家圈子——这可羡煞了约翰·霍伊兰这样的英国画家，在1963年之前他一直无法获得丙烯酸。

除了丙烯溶液颜料，罗伊·利希滕斯坦从来没有真正使用其他任何媒介——这意味着多年来，他那明亮原色的色彩范围是由（数量相当少的）马格纳目录限定的。马格纳系列在20世纪80年代停止生产后，利希滕斯坦买下了能够找到的所有库存。不过，萨姆·戈尔登的儿子马克（现在是戈尔登艺术家颜料公司的负责人）在20世纪80年代后期创造出了类似系列的丙烯颜料，但色彩范围更广。他也愿意按照利希滕斯坦所要求的规格来调整产品，后者曾说：“现在我可能有了四种不同的浅黄色，而不是一种。”

丙烯溶液颜料的一个缺点是，干燥后的颜料会再度溶解在松节油中，若喷涂过量往往易于流动，除非每层都上了光。利希滕斯坦已经准备好着手解决这个麻烦（“如果不解决，它会变得非常黏稠”），但对于不使用平涂、封闭色域的艺术家来说，所要求的条件很难满足。

然而，丙烯酸是昂贵的材料，大多数家用乳液涂料（即可以用水稀释的那些）现在也转而以聚乙酸乙烯酯（PVA）为基料。原理是相同的：PVA本身是一种不溶于水的聚合物，可用于形成坚韧的塑料和树脂，但在乳液中它作为液滴分散在水中。于20世纪50年代首次上市的PVA涂料，也具有快干这种吸引人的优点。这一点，再加上它们易于处理，诱使英国画家布里奇特·赖利在20世纪60年代使用它们。PVA那平整的表面，为她精细的、运用错觉艺术手法完成的构图提供了补

充。临近20世纪60年代末，赖利开始越来越多地用彩色而不是黑色、白色和灰色来绘制她的“欧普艺术”（Op Art）作品，此时她开始寻找能带来强烈的色彩强度的材料。她不热衷于罗尼的丙烯系列，原因是考虑到它们太“浅”太“灰”，随后发现自己不得不向PVA中加入手工研磨的色料来混合出自己的颜色。这是一个费力而艰难的过程，可能导致不均匀的颜料表面。20世纪70年代，赖利最终转向丙烯，后来她有时会用油画颜料为之罩色，以使颜色更为稠密。

同时，对于肯尼斯·诺兰德来说，PVA的吸引力是经济方面的：“你可以成加仑地购买［埃尔默胶，一种美国PVA胶］。我曾经把干色料放在里面。”毫无疑问，只有一个“成加仑”地提供负担得起的颜料的时代，再加上崇拜尺寸和空间的文化哲学，才有可能产生像美国抽370象表现主义绘画这样大尺幅的作品。

色域和视野

对于马克·罗斯科（1903—1970）来说，巨大的尺幅是让观众沉浸于画作的一种方法：“无论以何种方式画更大的图像，你都在画中。这不是你能掌控的。”

这不是纯粹的自大。罗斯科想要画出的作品，是能够产生卓越效果、能够直指精神关怀的：“绘画必须像奇迹一般。”用艺术评论家罗伯特·休斯的话来说，罗斯科与巴尼特·纽曼和克莱福特·斯蒂尔一起，代表着抽象表现主义的“神学方面”。

罗斯科和纽曼用大片大片完整的色彩作画，没有任何具象的参考点。至少在原则上，除了原始的视觉印象、色相以及颜料本身的亮度之外，在这些作品中没有任何东西能使观看者做出响应。这就是康定斯基在逻辑上推到极端的视觉：对象完全消失，唯一剩下的是色彩。由于效果的强度被认为与图像的大小成比例，这些画家发现有必要以巨大的尺幅工作。他们已经逐渐被称为色域（Colour Field）画派。

然而，如果画布不是简单的单色，某种具象的东西就仍然存在。眼睛和大脑似乎需要它；它们合谋从并置的色域构建熟悉的形式，正如莱德警告的。罗斯科的《紫红色上的黑色中的两个开口》（Two Openings in Black over Wine，1958）变成了黑暗房间的一扇窗户，通过它可以看到紫红色黄昏的最后一点微光。《红色上的赭色和红色》（Ochre and Red on Red，1954）（彩图14.2）只是凭借色域的

水平格式才呼应了风景：我们正往外观看，望向一片沙漠那闪着微光的热霾。

然而，根据罗斯科的说法，这些由发光颜色构成的矩形不是无限的天空或海洋，甚至也不是对它们的抽象，而是“事物”。毕竟，它们通常不会像被窗户设置边框那样去填充画布，而是在还不到边缘的时候停止，边界清晰。这就强行提出了一个问题，即它们是否真的是“色域”。在纽曼的作品中，该色域更加明确，通常由一条被他称为“拉链”的垂直线切断。在他的《谁害怕红色、黄色和蓝色III》（Who's Afraid of Red, Yellow and Blue III，1966—1967）中，黄色和蓝色的窄条371勾勒出一块几乎完全呈朱砂色的画布，无疑让人联想到某种深度，即红色位于其他颜色后方，因此我们看到的并不只是单调的颜色，而是一个场景。[256]

是什么驱使这些画家在原始的、非具象的色彩那痛苦的极简抽象艺术中寻求表达？对此，人们可以无休止地创建理论。我们感觉到了对20世纪中叶极端行为的一种回应：对广岛，对大屠杀，对核战争的威胁，以及特别是在美国，对一种日益反动的要求服从的战后压力。波洛克的回应是野蛮、阳刚、自我毁灭的反抗者式的，这种反抗者在20世纪50年代的美国电影中得到了引人注目的刻画。巴尼特·纽曼后来招致了嘲笑，原因在于他的一个虽然表面真诚、实则离谱的主张：他的画如果有人能看出门道，将意味着全球资本主义的结束。

由于艺术家自己的声明毅然具有这种格言般的特征，从中进行推断就格外受到鼓励，即便实际上不需要。罗斯科不愿用言语来解剖自己的作品：“一幅画不需要任何人来解释它说的是什么。如果有任何优点，它会自己表达出来。”这样说可能也未尝不可。例如，这是罗斯科在20世纪40年代中期告别具象表现时所说的：“并不是说形象已被消除……而是形象的象征，以及后来画布中的那些形状，代替了这些形象。”[257]

然而，与康定斯基关于抽象带来的挑战的说法相比，也许这没有太大的不同。不过罗斯科的解决方案是完全不同的。康定斯基在色彩中寻求一种视觉语言，对于色域画家来说，颜色（相当令人好奇地）只是一种达到目的的手段。罗斯科本人否认对颜色本身有任何强烈的兴趣，但又解释说他别无选择，只能用它作为工具：“既然没有线条，那还剩下什么可供作画？”如“着色师”所做的那样，以某种美学或理论上令人满意的方式安排色彩，这一想法把罗斯科吓坏了；他看到这种情况在画布上发生时，便毁了自己的画布。罗斯科愤怒地对一个记者说：“如果……只是被它们的色彩关系打动，那么你未得要领。”要领就是，

> 对于色彩、形式或任何其他东西之间的关系，我都不感兴趣。我感兴趣的只在于表达基本的人类情感——悲剧、狂喜、厄运等……在我的画作之前哭泣的人，与我画它们的时候具有相同的宗教体验。[258]

可能是由于这个原因，罗斯科调低了他早期色域绘画那明亮调色板的色调，宁愿转而用黑色、棕色、灰色和深栗色，以免画作中受到欣赏的只是装饰性特征。

色域画派的目标无关乎色彩的华丽展示，却关乎崇高这一被19世纪的浪漫主义者所珍视的观念。如何描述它呢？一种巨大、孤独、沉默和无限的感觉——色域画家发现有必要把他们的作品扩大到令人敬畏的比例，原因就在这里。罗斯科强调，这种巨大的尺幅并不是想实现“宏伟和虚夸”，恰恰相反：“因为我想实现的是极具亲密感和极富人情味。”只有通过这样的极端，绘画才能直接作用于观察者。相同的东西可以在索尔·勒维特的高色调抽象色彩构图中找到，它们直接画在美术馆的整面墙上，以便与建筑融合，给人无所不包的体验。

然而，色域画派中这种近乎宗教般强烈的情感，不利于非常务实的人。罗斯科几乎没有表现出组织色彩的任何系统的迹象，尽管如此，他也没有运用其他东西；纽曼和斯蒂尔除了偶尔变换一下原色，也没有显示什么更为理论性的东西。幸运的是，罗斯科对色彩有一种先天的敏感，但斯蒂尔被指责（我不会否认）是一个相当差劲的着色师，这对色域画家来说是个缺陷。正如约翰·盖奇所说，这确实是一种“没有理论的色彩”的艺术。这一点没有那么可怕，但我不禁怀疑，它同样是与材料保持距离的某种前提条件。罗斯科自己承认，他“与一千年的绘画传统分道扬镳了”——后果是灾难性的，至少在一个明显的例子中是如此。

罗斯科与他的材料的关系是矛盾的。一方面，他的画室技术中有一些与材料相关的中世纪的东西：在这里，他上到梯子的一半，雇用助手在绘制纪念性的宗教作品（如那些受托为休斯敦的罗斯科礼拜堂画的）时搭一把手，把干色料、煮过的兔皮胶料和鸡蛋混合成一桶一桶的颜料。他的材料实验似乎部分以马克斯·德尔纳和琴尼诺·琴尼尼的实用手册为指导。然而，罗斯科流露出愿望，想摆脱颜料物理特征的限制：他把颜料大大稀释，以至于未刷底子的画布上与其说是作了画，不如说是沾了脏；根据他的密友多尔·阿什顿的说法，“罗斯科一直都知道，他的作画手段落在他的视野之后，因为手段是与材料相关的”。在作为赠送给哈佛大学的礼物而绘制的巨幅壁画画布中，这样的视野受限最多。

哈佛壁画可能最为明显地提醒着我们，当未经测试的现代材料辗转到达画家手中，画家又鲁莽地无视技术问题时，可能会发生什么。罗斯科于1962年把这些壁画送给了哈佛大学。在不到五年的时间内，它们就迅速衰败；到1979年，壁画已经被毁，于是便从视野中消失了。它们的价值在完工时估计约为10万美元；今天有人怀疑，罗斯科对于它们的被毁，应该是同意的。这部分是由于哈佛大学缺乏规划和维护不当的结果，但是用保护工作者玛乔丽·科恩的话来说，我们应该留意到，“对于绘画要想耐久有哪些最基本的要求，罗斯科完全无知或漠不关心”。

一如既往，罗斯科极为谨慎地选择了哈佛壁画（两幅板面画和一张三联画）的颜色：他说它们再现了基督的激情，暗色调代表他在十字架上受难，亮一些的色调代表他的复活。主导颜色是暗粉红和绯红。但你永远不会知道的是，现在它们变成了浅蓝。

罗斯科的绯红，是由合成群青、天蓝、钛白以及两种现代有机颜料，即萘酚红和立索尔大红混合而成的。萘酚红是一种偶氮色，相当耐久；立索尔大红遇光极易散发，并如最为劣等的中世纪红色色淀一般已经褪色。现在立索尔大红已不被列入艺术家的材料，但可能广泛存在于20世纪60年代的廉价颜料中。十有八九，罗斯科甚至不知道他的红色中有什么着色剂。他对材料的冷漠，往往从保护工作者伊丽莎白·琼斯的评论中便可看出：绘制壁画时，“若涂料用完，他便下楼去伍尔沃思超市买来更多——他也不知道那是什么涂料”。[259]罗斯科的儿子说，这只是恶作剧式的嘲讽；罗斯科的作品中似乎也没有存在家用涂料的证据。但如果真是恶作剧，则戏谑中自有深藏的事实。

然而，这并不意味着罗斯科对由光导致的褪色风险一无所知：当他看到壁画所在的房间——哈佛大学霍利奥克中心的一个活动室光照强烈时，便表示了这种担忧。但是，一般来说，罗斯科之所以坚持用柔和的照明来展示自己的作品（如在伦敦的泰特现代美术馆的“施格兰”壁画中所使用的），更多是因为他认为，过于明亮的光线冲淡了色彩的强度，让它们无法显示微妙的感应。另一方面，哈佛校方则认为，他们对待这些壁画，可以像对待挂在墙上的历任校长的油画作品那样，一视同仁。霍利奥克活动室被用于餐饮和社交活动，除了时间造成的损害，还要加上食物污渍、裂口和涂鸦带来的破损。[260]

罗斯科的实验性技术，即应用稀释的胶画颜料，再施以薄薄涂抹的油料、生鸡蛋和合成颜料，在罗斯科礼拜堂壁画（Rothko Chapel murals，1965）中也留下了痕迹，这些壁画由于白色的条纹和破裂（或许是未溶解树脂结晶的溶胀造成的）而遭到破坏。但至少，在这些暗栗色单彩画中使用的合成茜素基红色保持住了强度。在其他地

方，罗斯科使用的是可靠的无机红，即镉红和氧化铁，而他那些在纸和板上以丙烯完成的作品基本上没有失去光彩。看起来，这可能既是因为运气，也有其他原因：当罗斯科想要红色时，他把目光投向的是色相，而不是构图。

他本可以听取罗伯特·马瑟韦尔（1915—1991）的意见，做得更好，后者在某种意义上是抽象表现主义画派的精神领袖。“某些抽象派画家说的纯粹的红，”他在1944年说，“并不存在……任何红色都根植于血液、玻璃、葡萄酒、猎人的帽子和上千种其他具体现象。”因此，马瑟韦尔是在为这项运动的“肮脏”一面辩护，为感觉论者而不是先验论者辩护。他认为，所有抽象派画家都必须面对的“对主题的寻找”，可以通过绘画本身的物理过程进行，这要求对材料加以鉴别，查看它们的流动性或坚固性，以及结晶度和半透明度。他在评论波洛克的一次画展时说：“绘画是他的思想的媒介，因此［寻找真正主题的］决心必须从绘画过程本身中得出。”这正是波洛克所确信的：作品有“属于自己的生命”，会通过他对材料的处理揭示自己。

威廉·德·库宁（1904—1997）的画作与波洛克一样，具有一种明白无误的物理特征，表达着艺术家对材料的敏感。德·库宁使用各种颜料媒介，包括油画颜料和用于招牌画的便宜瓷漆，有时会通过添加熟石膏和磨砂玻璃来增加肌理。他的一些作品用色明快，色调响亮；其他一些作品的色彩被摩擦过的木炭弄得脏兮兮的。他喜欢修改和重绘颜料表面，这使他在20世纪50年代放弃了醇酸基颜料，放弃的原因正是其他人喜欢它们的原因：这种颜料会快速干燥。

金色的面纱

肯尼斯·诺兰德（1924——　）和莫里斯·路易斯（1912—1972）所属的群体，于20世纪50年代用后绘画性抽象主义（Post-Painterly Abstractionism）这个烦琐标签，继承了抽象表现主义画家波洛克、罗斯科和马瑟韦尔的衣钵。和罗斯科一样，诺兰德和路易斯有兴趣通过用薄涂实现污点般的效果，来使颜色变得既有亮度又不乏神秘。他们于1953年共同拜访了海伦·弗兰肯特尔的画室，在那里40岁的路易斯似乎有了某种顿悟的体验。弗兰肯特尔那由高度稀释的油画颜料构成的极薄涂层，在《山和海》（Mountains and Sea，1952）中产生了水彩般的表面，路易斯从中感受到一种染色效果，艺术灵感由此得到激发。不过，他和诺兰德对用稀释的油画颜料浸湿未刷底子的画布心怀警惕，担心颜料媒介会使纤维腐烂。所以，两人在20世纪40年代

都欢迎博库尔的丙烯溶液颜料，因为马格纳颜料将保持它们的色彩强度，即使稀释到水一般的稠度。

20世纪50年代末，路易斯通过在画布上倾倒高度稀释的颜料，创作了他的“面纱”（Veil）系列作品。重复应用一系列明亮色彩能得出半透明的、纱布窗帘的外观，其中所有的颜色混合成一种温暖的金棕色（彩图14.3）。在这些作品中，路易斯的确在使用颜料，但并不是真正在作画：颜色浸入布中，仿佛是在染色。

在20世纪60年代的“展开”（Unfurled）系列中，路易斯保留了倾倒技法，但在运用时施以了更多的控制，同时没有对颜色进行叠加和混合。他把倾倒与擦拭法相结合，将颜料引导到色彩的斜角带，使画布的大部分区域保持空白。由于各种颜色是单独显示的，路易斯便尤为关心它们的品质。他的调色板上大约有20种颜料，由博库尔直接提供；路易斯要求他每次都重新制作颜料，并在每种颜色的制备间隙仔细清洗机器。然而，丙烯酸黏合剂的极度稀释，意味着可能难以获得均匀的颜料表面——在这些作品中，有一部分存在色料颗粒聚集的迹象。

罗斯科和纽曼的图像，在某种程度上还有路易斯的“面纱”系列，散发出一定的神秘和朦胧效果，肯尼斯·诺兰德和弗兰克·斯特拉则希望绘画能更为直接，没有这些“额外”的特征。他们坚持的是，没有奇迹——看到什么就得到什么。他们的流派后来被称为硬边画派，以诺兰德鲜明的“标靶”（Target）系列作品为代表（彩图14.4）。

1969年，诺兰德说：“我想让色彩成为绘画的源头。我试图中和布局、形状和构图，以理解色彩……我想让色彩成为生发性的力量。”[261]换句话说，根本不会有任何线构，也不会有任何“意义”本身——只是纯粹地绘画。这是一种明显的北美观念（你也会从中得出这样的文化结论）。来自旧世界的画家永远不会真正理解它，这可能就是约翰·霍伊兰发现自己对硬边风格的态度不受他所钦佩的美国人待见的原因吧。斯特拉和诺兰德的作品中明确显示的极少主义，在卡西米尔·马列维奇从20世纪第一个十年开始创作白色单彩“至上主义”（Suprematist）绘画，或者伊夫·克莱因20世纪50年代的蓝色单彩作品中，有过某种先例。马列维奇和克莱因还是坚持从哲学方面进行解释：以颜料表达观念。对于美国极少主义来说，那只是颜料。

对受教于色彩经验主义者约瑟夫·阿尔贝斯门下的诺兰德来说，甚至不得不用的颜料在某种程度上都是一种不幸，一种烦琐的涂层，代表着他所知道的把色彩施加到表面上的唯一方式。“要做的就是把色彩涂到能想象到的最薄的表面上，这个表面就好像被剃刀削到空气

中。到处都是色彩和表面。那就是全部了。”难怪他如此欣赏新型丙烯的平整度和强大的覆盖力。

然而，坚持消除结构的诺兰德还是不得不采用某种设计。他的极少主义不是单彩的，而是色彩的相互作用；由于图像中有不止一种颜色，就必须有边界。他的解决方案是使用“中性”形式，不带（或者他希望不带）情感内容：首先是他的“标靶”系列的同心圆，然后是套叠的V形图案和平行的条纹。这不是什么新发明。阿尔贝斯的教科书中充满了以嵌套的方形为基础的图像，他阐述了促使诺兰德这么做的意图：“对我来说，色彩是表现风格的手段。它是自动的。我不是在‘向方形致敬’，而只是在为自己对色彩的狂热奉上佳肴。”[262]在这些用遮蔽型胶带标出的菜肴中，诺兰德端上来的色彩膳食是一种无声的约束。色彩可能完全饱和，但是相互之间的关系完全没有（比如说）俄耳甫斯主义那样的光彩。通常，会并列放置的只有相关的颜色——蓝色挨着绿色，橙色挨着红色和粉红色，不和谐只是零星地以突然的对比打断一下。

弗兰克·斯特拉20世纪50年代的早期作品完全是另一种情形。这些作品通常是单彩的，以线性、重复的设计穿过单一一种颜色（彩图14.5）。他被视为创造了一种物质主义（materialistic）的方法，尤为强调材料；但斯特拉这么做时不过是通过坚持一种想法，即画家在材料方面并不需要任何特殊的东西。正如我们之前所看到的，对于斯特拉来说，色彩（至少在最初阶段）要听凭商业的摆布：“我只是接下普通涂料店不得不提供的东西。”

有一次，这些商店只能提供一种金属铜涂料，用于阻止船壳上长出藤壶。另一次提供的是用于散热器的银色铝涂料。换句话说，这些金属涂料超越了色彩——制造它们不是为了视觉效果，而是因为悬浮的金属片具有的其他属性。通过放弃色彩，斯特拉把色彩带到了某个新的地方。

不过到了20世纪70年代，斯特拉的作品已经彻底改变。他对材料一如既往地漠不关心，喜欢用醇酸家用涂料或工业涂料代替丙烯酸乳液，后者在他看来“过于复杂”云云。这些醇酸树脂由本杰明·摩尔公司制造，斯特拉通常直接使用罐装的原色和二次色：“没有尝试调整颜色，只是机械地加以使用。”

然而，他开始将这些颜色结合到半绘画、半雕塑的作品，即“浮雕画”中，这些画外表看起来像捡来的涂鸦之作，装饰着强烈的粉红、红色和绿色（彩图14.6）。他在纸上设计了形状，然后由一家金属加工公司用飞机制造业使用的铝合金蜂窝材料切割出来。他覆盖这

些物体所用的不仅是涂料，还有像收集癖般加以归类的物质：闪光装饰片，小发光物，研磨后的玻璃。

是什么促成了这种变化？令人好奇的是，刺激斯特拉对材料的折中主义不断强化的，是一种感觉，即他以前的极少主义风格“材料性”太强——过多受制于纯粹的涂料。他说，这是康定斯基的遗产，后者从来没有相当成功地将颜料转化为空间，因此最终不过是“用色料填满景观”。斯特拉说，毕加索

> 看到了物质性（materiality）……的危险——新的、开放的、朦胧的抽象空间被其唯一真正的成分，即色料的大部分堵塞和压垮的危险。毕加索的顾虑表达了一种担忧：即抽象带给我们的不是纯粹的绘画，而只是纯粹的颜料——我们既可以在博物馆的墙上也可以在商店货架上找到的东西。[263]

斯特拉认为，造成康定斯基的问题的原因，是他无法接受自己不是用纯色（他可能更喜欢如此），而是用一种需要根据人的意愿来理解和操纵的物质材料作画。“他从来没有［像毕加索］那样强烈地推开颜料，”斯特拉叹惜道，“似乎也从来没有如毕加索那般成功地穿透表面。”考虑到包豪斯在20世纪20年代神秘的反物质材料气氛，这种指责实在合情合理。另一方面，就毕加索和马列维奇来说，“在物质性的接受方面……两人都甘心忍受绘画的表面……将色料抹在他们用意志的力量生成的自我维持的表面上”。[264]于是，对于斯特拉来说，颜料就是某种必须克服的东西。

许多现代着色师都试图通过超越颜料来实现这一点；而对当代艺术色彩的全面考察也必须如此行事。例如，唐纳德·贾德和阿尼什·卡普尔的作品或许可以恰当地被视为雕塑。但是，贾德认为自己是一个画家，把自己的师承追溯到德拉克洛瓦与绘画色彩理论家谢弗勒尔和鲁德，尤其是追溯到风格派画家那里。瓷漆涂料部分掩盖了他的木材和铝的极少主义结构，但贾德的调色板中也包括彩色塑料、金属以及有色映象的光。卡普尔把一种镜面金属光泽带入了颜色领域。美国艺术家詹姆斯·特里尔用色光的变幻来构图，这些光包括白昼的纯粹蓝色和夜间微光闪烁的天空，它们通过他的装置作品中的开口显示出来。其他艺术家使用彩色荧光灯的俗丽强光、灯箱的半透明光亮，或发光二极管那清晰的彩虹色（化学家仅仅在20世纪90年代，往其中添加了一种蓝色光亮），使场景更真实地容光焕发，这是印象派做梦也想不到的。当然，这些媒介中的每一个，都具有自己的伴生技术，有自己的历史、叙事和局限。每一个都重现了科学创新与艺术表达之间因果关联的舞步。

新的颜色

现在是最终回到纯颜料的时候了，因为在整个20世纪，色彩的创新并没有停止。还有很多改进的余地。

在19世纪中叶，乔治·菲尔德能够测试几乎所有将色彩带到画家调色板的材料。今天，以工业化方式制造的着色剂清单，在染匠和着色师的圣经、九卷本的《国际色彩指数》（Colour Index International）中占了9000页。在这里，这些明亮、合成的泥土没有稀奇的名字，毫无商量余地地通过色相、用途和一个表示化学成分的数字编目，比如CI还原红13 CI NO.70320，CI食品黄4 CI No.19140。旧术语的模糊性不见了，毫无疑问一些魔力也随之而去。这些材料中约600种是色料，而染料超过了9000种，证明了有机化学根据精确目标来制造颜色的力量。

然而，现在生产的色料中，白色的数量遥遥领先，社会学家或许能从中得出一些有趣的结论。对任何街道或商业建筑的内部随便一瞥都将提醒我们，这种“非色”（non-colour）是我们的人造环境中广受喜爱的饰面。（当然，白色也广泛用于调节其他色料的饱和度，将它们调整为在当今被视为对人眼更为柔和的色调。）追逐时尚的极简主义者为对单调的白色内饰的偏好付出了代价，大卫·巴彻勒对此颇为开心：

> 主人是一位英裔美籍艺术收藏家，聚会在收藏家的房子里举办……这座房子的内部是另一个世界，一个极为特殊的世界，一个极为干净、清晰和有序的宇宙……有一种白色不只是白，这里有的就是那种白色。有一种白色，排斥一切低于它的东西，也就是说几乎排斥一切……这种白色是咄咄逼人的白色。它影响了周围的一切，没有什么能够逃脱。[265]

然而，这种白色，今天最重要的色料，在20世纪之前并不存在。铅白是一种主要的前工业时代产品；尽管19世纪出现了作为艺术家颜料的锌白，铅色料在工业时代的背景下仍然相当出色，因为它的价格极具优势，并且在油料中更不透明、干得更快。1900年，铅白仍然控制着白色色料的几乎全部市场。但在1916年至1918年间，挪威和美国的化学制品公司发现了如何制造和净化金属钛的一种不透明白色氧化物，钛是德国化学家马丁·克拉普罗特于1796年发现的一种元素。

二氧化钛的覆盖能力比铅白强两倍，并且极为稳定。制造方面的困难一经解决，二氧化钛便迅速成为主要的白色色料：到1945年，它

占据了80%的市场份额。结果，由制备铅白导致的致命铅中毒的发生率下降了：在英国，1910年发生了38起，1950年一起也没有发生。今天，任何种类的白色颜料，大多数都是“钛白”。

不过，20世纪的颜色用种类上的多样性弥补了应用广度的不足。20世纪50年代引入了一类全新的色料——被称为喹吖啶酮的色彩丰富且高度稳定的有机化合物。这些是“真正的有机色料”：粉末状固体，类似于研磨后的矿物质，但仅由有机分子组成。

第一种真正的有机色料（以偶氮染料的盐为基料）事实上可追溯到19世纪80年代。这些着色的有机化合物不必附着于无机颗粒以制备色淀色料，于是，将从合成染料工业演化出的日益合理的“颜色合成法”应用于色料制造就有了可能。1884年，第一种偶氮色料——酒石黄获得了专利。

喹吖啶酮发现于1896年，用了更长的时间才作为色料出现。1935年，德国化学家H. 利伯曼（不要与合成茜素的利伯曼混淆，后者于1914年去世）合成了适合用作色料的第一种喹吖啶酮。然而，直到二十年后，美国杜邦公司的化学家才开始寻找以商业形式制造它们的方法。喹吖啶酮色料从1958年开始上市，提供从橙红到蓝紫色的颜色。它们很快被纽约抽象表现主义画家采纳，这些画家青睐强烈的色相。到此时，许多艺术家的颜料都用喹吖啶酮着色了。

如果没有这些有机色料，我们就有理由担心红色的未来了。镉红已经成为当今时代标准的浓郁猩红，它是一种在覆盖力和耐光性能方面优于任何色淀色料的颜色。镉是一种有毒的重金属，不过毒性不大，各种镉颜料对画家没有很大的危险。同样，关于重金属在一般环境中对健康的影响的担忧（突出表现在由铅和汞污染引起的问题上），导致了对包含这些元素的产品更为严格的限制。对于完全禁止镉用于涂料中，已经有过广泛讨论。目前还不清楚这种情况是否会发生；如果完全禁止，喹吖啶酮将是最有希望的替代品。事实上，标记为镉红或镉橙的涂料现在经常是用这些有机分子着色的——其名称，像许多世纪以来的其他名称一样，已经从成分的标记转变为色相的标记。

我们大可相信，新的替代品会继续出现。[266]1983年，第一项专利授予了另一类有机色料，它们被称为二酮吡咯并吡咯（diketopyrrolopyrroles）或DPP。1974年发现了衍生出DPP的光吸收有机分子。这种分子最初是极小的反应产物，后由化学家阿卜杜勒·伊克巴勒在巴塞尔的汽巴——嘉基公司开发成商业上可行的化合物。DPP色料的范围在红色和橙色之间，其价格仍然昂贵；汽巴——嘉基

生产这些色料，主要是用于汽车工业。毫无疑问，根据由来已久的模式，工业领域的更大关注会最终把这些颜色带入艺术家的市场。画家之所以会得到他们的颜料，原因一如既往：因为化学还有许多其他的消费者。

革命传统

但是，十年或二十年后，还会有什么人仍然在画画吗？这不是一项时髦的艺术。一年一度于英国授予年轻艺术家的透纳奖备受追捧，画家在其候选人中已经有些罕见了。（回想1984年第一届透纳奖，获奖者倡导的是枯燥乏味的超写实主义绘画，虽然毫无疑问它也是后现代主义绘画；我可以安慰自己的是，这个奖项不是永恒艺术的试金石。）没有哪位画家新秀的名字会挂在每个人的唇边（至少，时间上不超过几个星期）。我们仍然有幸拥有我们的弗兰克·奥尔巴赫、我们的霍华德·霍奇金、我们的卢西安·弗洛伊德，但我们有我们的克利、我们的戈雅、我们的拉斐尔吗？

我必须当心，不要变得像是带上了普林尼的口吻，哀叹阿佩利斯手握画笔的黄金时代一去不返；或者与普林尼相反，叹惜现在很少有人知道如何最好地使用强烈、鲜明的颜色，而不是散布在许多当代画布上的灰色泥巴，甚或伦勃朗棕色。事实是，20世纪绘画中有太多的伟大之处，世纪末的几年黯淡下来又有什么大不了的？例如，现在有谁会抱怨17世纪末的那段蛰伏期，彼时维米尔、委拉斯开兹、鲁本斯和伦勃朗已经谢世，却尚无新人站出来取代他们？

那么，下一批伟大的着色师将会把我们带往何处？他们的调色板上会有些什么？也许传统的着色确实会变得不那么重要，因为斯特拉和波普艺术家的金属片和荧光飞溅已经被补充了新的可能性：珠光颜料（约翰·霍伊兰已经在使用它们），或者随着人视角的改变而改变色相的色料。两者都是作为汽车涂料制造的。也许艺术家们会使用随温度改变颜色的液晶，或是能在同一时间提供一条光华四射的彩虹的液晶。

也许吧。当然，我认为所有这些媒介都会被用到，找到途径来利用技术所提供的东西——因为这就是艺术之道。我希望，这就是本书传达的一个核心信息：技术为艺术家打开了新的大门。当然，技术人员并不就能规定艺术家将要经历什么，或者他们在另一边会达到怎样的程度。梵高说：“未来的画家是此前从未有过的着色师。”我真的希

望如此。有趣的讽刺是，颜料制造商、色彩理论家和颜料制作者（有务实倾向的手工艺者），传统上都是循规蹈矩的人，他们把闪烁着光亮的新工具献入梦想家手中，后者用它们去做疯狂的事，打破模具，发动革命。愿这番景象长存。

参考书目

Georgius Agricola,De re metallica (1556), transl. H. C. and L. H. Hoover (Dover, New York, 1950).

Leon Battista Alberti,Della Pittura (1435). Published asOn Painting, transl. C. Grayson (Penguin, London, 1991).

C. Aldred,Egyptian Art (Thames and Hudson, London, 1980).

D. Anfam,Abstract Expressionism (Thames and Hudson, London, 1990).

D. Anfam,Mark Rothko (National Gallery of Art, Washington, DC,1998).D. Ashton,About Rothko (Oxford University Press, New York, 1983).

J. Ayers,The Artist's Craft (Phaidon Press, London, 1985).

J. Balfour-Paul,Indigo (British Museum Press, London, 1998).

S. J. Barnes,The Rothko Chapel: An Act of Faith (University of Texas Press, Austin, 1989).D. Batchelor,Chromophobia (Reaktion Books, London, 2000).

W. Benjamin, “The work of art in the age of mechanical reproduction”(1936), in F. Frascina and J. Harris (eds),Art in Modern Culture (Phaidon Press, London, 1992), p. 297.

J. Berger,Ways of Seeing (Penguin, London, 1972).

B. Berlin and P. Kay,Basic Color Terms (University of California Press, Berkeley, CA, 1969).

R. S. Berns,Principles of Color Technology (John Wiley, New York, 2000).

P. Binski,Medieval Craftsmen: Painters (British Museum Press,

London, 1991).

F. Birren,History of Color in Painting (Van Nostrand Reinhold, New York, 1965).

A. Blunt,Artistic Theory in Italy 1450–1600 (Oxford University Press, Oxford, 1962).

L. Bolton,The History and Techniques of the Great Masters: Gauguin (Tiger Books International, London, 1988).

D. Bomford, C. Brown and A. Roy,Art in the Making: Rembrandt (National Gallery Publications, London, 1988).

D. Bomford, J. Dunkerton, D. Gordon and A. Roy,Art in the Making: Italian Painting before 1400(National Gallery Publications, London,1989).

D. Bomford, J. Kirby, J. Leighton and A. Roy,Art in the Making: Impressionism (National Gallery Publications, London, 1990).

D. Bomford and A. Roy,Colour (National Gallery Company Ltd, London, 2000).

W. H. Brock,The Fontana History of Chemistry (Fontana, London, 1992).

J. Brown and C. Garrido,Velázquez: The Technique of Genius (Yale University Press, New Haven, CT, 1998).

V. J. Bruno,Form and Colour in Greek Painting (Thames and Hudson, London, 1977).

M. Brusatin,A History of Colors (Shambala, Boston, MA., 1991).

W. Büchner, R. Schliebs, G.Winter and K. H. Buchel,Industrial Inorganic Chemistry (VCH, New York, 1989).

S. Bucklow, “Paradigms and pigment recipes: Vermilion, synthetic yellows and the nature of the egg”,Zeitschrift für Kunsttechnologie, 13/1 (1999), p. 140.

R. M. Burch,Colour Printing and Colour Printers (Sir Isaac Pitman & Sons, London, 1910).

A. Burmester and C. Krekel, “The relationship between Albrecht Dürer's palette and fifteenth/sixteenth-century pharmacy price lists: the use of azurite and ultramarine”,

Proceedings of the IIC Dublin Congress, 7-11 December 1998(International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London).

A. Callen,Techniques of the Impressionists (New Burlington Books, London, 1987).

Cennino Cennini,Il Libro dell'Arte (c. 1390), transl. D. V. Thompson asThe Craftsman's Handbook(Dover, New York, 1960).

N. Charlet,Yves Klein (Vilo International, Paris, 2000).

M.-E. Chevreul,The Principles of Harmony and Contrast of Colours (Henry G. Bohn, London, 1854). Translated fromDe la loi du contraste simultané des couleurs (1839).

Reprinted by Van Nostrand Reinhold (New York, 1981).

A. H. Church,The Chemistry of Paints and Painting (Seeley and Co., London, 1890).

B. Clearwater,Mark Rothko: Works on Paper (Hudson Hills Press, New York, 1984).

C. Cobb and H. Goldwhite,Creations of Fire (Plenum, New York, 1995).

M. B. Cohn (ed.),Mark Rothko's Harvard Murals (Harvard University Art Museums, Cambridge, MA., 1988).

B. Cole,The Renaissance Artist at Work (John Murray, London, 1983).

W. G. Constable,The Painter's Workshop (Oxford University Press, London, 1954).

D. Cranmer,“Ephemeral paintings on‘permanent view’—— the accelerated aging of Mark Rothko's paintings”,Proceedings of ICOM Committee for Conservation, 8th Triennial Meeting, Sydney(1987), p. 283.

J.-P. Crespelle,The Fauves (Oldbourne Press, London, 1962).

J. Crook and T. Learner,The Impact of Modern Paints (Tate Gallery Publishing, London, 2000).

E. Cumming and W. Kaplan,The Arts and Crafts Movement (Thames and Hudson, London, 1991).

M. de Keijzer,“Microchemical identi?cation of modern organic pigments in cross-sections of artists’ paintings”,Proceedings of ICOM Committee for Conservation, 8th Triennial Meeting, Sydney(1987), p. 33.

I. Dickson Gill,The History and Techniques of the Great Masters: Titian (Tiger Books International, London, 1989).

M. Doerner,The Materials of the Artist (Harcourt Brace & Co., Orlando, FL, 1949). Reprinted 1984.

J. Dunkerton, A. Roy and A. Smith (1987),“The unmasking of Tura's‘Allegorical Figure’: a painting and its concealed image”,National Gallery Technical Bulletin, 11 (1987), p. 5.G. Duthuit,The Fauvist Painters (Wittenborn, Schultz Inc., New York, 1950).

W. Eamon,Science and the Secrets of Nature (Princeton University Press, Princeton, NJ,1994).

D. Elger (ed.),Donald Judd, Colorist (Hatje Cantz, Ost?ldern-Ruit, 2000).

W. S. Ellis,Glass (Avon Books, New York, 1998).

R. L. Feller (ed.),Artists’ Pigments: A Handbook of Their History and Characteristics (National Gallery of Art,Washington, DC, 1986), vol. 1.

G. Field,Chromatography (Winsor and Newton, London, 1869).

E. West Fitzhugh (ed.),Artists' Pigments: A Handbook of Their History and Characteristics

(National Gallery of Art,Washington, DC, 1997), vol. 3.

P. Fortini Brown,The Renaissance in Venice (Weidenfeld and Nicolson, London, 1997).

R. Fox and A. Nieto-Galan (eds),Natural Dyestuffs and Industrial Culture in Europe, 1750–1880(Watson Publishing, Canton, MA., 1999).

J. Gage,Colour in Turner: Poetry and Truth (Studio Vista, London, 1969).

J. Gage,George Field and His Circle (Fitzwilliam Museum, Cambridge, 1989).

J. Gage,Colour and Culture (Thames and Hudson, London, 1993).

J. Gage, Review ofFarbe am Bauhaus: Synthese und Synasthesie, in Kunst Chronik (February 1998), p. 78.

J. Gage,Colour and Meaning (Thames and Hudson, London, 1999).

S. Gar?eld,Mauve (Faber and Faber, London, 2000).

H. F. Gaugh,De Kooning (Abbeville, New York, 1983).

H. Gernsheim,A Concise History of Photography (Dover, New York, 1986).

R. J. Gettens and G. L. Stout,Painting Materials: A Short Encyclopaedia (Dover, New York, 1966).

E. H. Gombrich,Art and Illusion (Phaidon Press, London, 1977), 5th edn.

E. H. Gombrich,The Story of Art (Phaidon Press, London, 1989), 15th edn.

M. Goodwin,Artist and Colourman (Reeves and Son Ltd, Harrow, Middx, 1966).

W. Grohmann,Klee (Harry N. Abrams, New York, 1985).

S. Hackney, R. Jones and J. Townsend,Paint and Purpose (National Gallery Publications, London, 1999).

M. Hall,Colour and Meaning: Practice and Theory in Renaissance Painting (Cambridge University Press, Cambridge, 1992).

R. D. Harley,Artists' Pigments c.1600–1836 (Butterworths, London, 1982), 2nd edn.

A. Heaton (ed.),The Chemical Industry (Blackie Academic, Glasgow, 1994).

H. von Helmholtz,"On the relation of optics to painting", transl. E. Atkinson, inPopular Lectures on Scientific Subjects(Longmans, Green and Co., London, 1903), vol. 2.

P. Hills,Venetian Colour (Yale University Press, New Haven, CT, 1999).

H. Hodges,Technology in the Ancient World (Michael O'Mara Books, London, 1996).

R. Hughes,The Shock of the New (BBC Books, London, 1991).

J. Itten,The Elements of Colour (Van Nostrand Reinhold, New York, 1970).

D. Jarman,Chroma (Vintage, London, 1994).

V. Jirat-Wasiutynski and H. T. Newton Jr.,"Absorbent grounds and the matt aesthetic in post-Impressionist painting", in A. Roy and P. Smith (eds),Contributions to the IIC Dublin Congress, 7-11 September 1998: Painting Techniques: History, Materials and

Studio Practice(International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London, 1998), p. 235.

B. Jonson,The Alchemist (c. 1610), inThree Comedies (Penguin, London, 1966).

W. Kandinsky,?ber das Geistige in der Kunst (1912), transl. M. T. H. Sadler asThe Art of Spiritual Harmony(Constable and Co., London, 1914) and reprinted as Concerning the Spiritual in Art(Dover, New York, 1977).

M. Kemp,The Science of Art (Yale University Press, New Haven, CT, 1990).

J. Kirby,“Fading and colour change of Prussian blue: occurrences and early reports”, National Gallery Technical Bulletin(National Gallery Publications, London), 14 (1993), p. 63.

J. Kirby,“The painter's trade in the seventeenth century: Theory and practice”,National Gallery Technical Bulletin(National Gallery Publications, London), 20 (1999), p. 5.

J. Kirby,“The price of quality: factors influencing the cost of pigments during the Renaissance”, in G. Neher and R. Shepherd (eds),Values in Renaissance Art (Ashgate, London, 2000).

J. Kirby and D. Saunders,“Sixteenth- to eighteenth-century green colours in landscape and flower paintings: composition and deterioration”, in A. Roy and P. Smith (eds),

Contributions to the IIC Dublin Congress, 7-11 September 1998: Painting Techniques: History, Materials and Studio Practice(International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London, 1998), p. 155.

J. Kirby and R. White,“The identi?cation of red lake pigment dyestuffs and a discussion of their use”,National Gallery Technical Bulletin (National Gallery Publications, London), 17 (1996), p. 56.

T. Lamb and J. Bourriau (eds),Colour: Art and Science (Cambridge University Press,Cambridge, 1995).

A. P. Laurie,The Pigments and Mediums of the Old Masters (Macmillan, London, 1914).

A. P. Laurie,The Painter's Methods and Materials (Seeley Service and Co., London, 1960). Reprinted by Dover (New York, 1967).

J. C. Le Blon,Coloritto (1725). Facsimile reprint by Van Nostrand Reinhold (New York,1980).

H. M. Leicester,The Historical Background of Chemistry (Dover, New York, 1971).

J. Leymarie,Fauves and Fauvism (Editions d'Art Albert Skira S.A., Geneva, 1995).

A. Lucas,Ancient Egyptian Materials and Industries (Arnold and Co., London, 1948), 3rd edn.

E. Lucie-Smith,Movements in Art Since 1945 (Thames and Hudson, London, 1984).

A. M. Mascheroni (ed.),Vlaminck (Park Lane, London, 1993).

M. Menu,“Cave paintings: structure and analysis”,MRS Bulletin, 21(12) (December 1996), p. 48.

M. P. Merrifield,Original Treatises on the Arts of Painting (1849). Reprinted by Dover (New York, 1967).

A. Morrall,The History and Techniques of the Great Masters: Rembrandt (Tiger Books International, London, 1988).

A. Morrall,The History and Techniques of the Great Masters: Rubens (Tiger Books International, London, 1988).

R. P. Multhauf,The Origins of Chemistry (Gordon and Breach, Langhorne, PA, 1993).

K. Nassau (ed.),Color for Science, Art and Technology (Elsevier, Amsterdam, 1997).

G. Naylor,The Bauhaus Reassessed (Herbert Press, London, 1985).

E. O'Donoghue, R. Romero and J. Dik,“French eighteenthcentury painting techniques”, in A. Roy and P. Smith (eds),Contributions to the IIC Dublin Congress, 7-11 September 1998: Painting Techniques: History, Materials and Studio Practice(International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London, 1998), p. 185.

J. Osborne,Light and Pigments (John Murray, London, 1980).

N. Penny and M. Spring, “Veronese's paintings in the National Gallery. Technique and materials: Part I”,National Gallery Technical Bulletin (National Gallery Publications, London), 16 (1995), p. 5.

N. Penny, A. Roy and M. Spring,“Veronese's paintings in the National Gallery. Technique and materials: Part II”,National Gallery Technical Bulletin (National Gallery Publications, London), 17 (1996), p. 33.

Perkin Centenary London: 100 Years of Synthetic Dyestuffs(Pergamon, London, 1958).

A. Powell,The Origins of Western Art (Thames and Hudson, London, 1973).

L. M. Principe,The Aspiring Adept: Robert Boyle and His Alchemical Quest (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1998).

F. Ratliff,Paul Signac and Color in Neo-Impressionism (Rockefeller University Press, New York, 1992).

H. Read,A Concise History of Modern Painting (Thames and Hudson, London, 1968).

J. Read,“Alchemy and art”,Proceedings of the Royal Institution, XXXV (1952), p. 286.

J. Read,Through Alchemy to Chemistry (G. Bell & Sons, London, 1957). Reprinted asFrom Alchemy to Chemistry(Dover, New York, 1995).

J. Rewald,The History of Impressionism (Secker & Warburg, London, 1973), 4th edn.

D. Rhodes,Clay and Glazes for the Potter (Chilton Book Company, Radnor, PA, 1973).

B. Riley,Mondrian: Nature to Abstraction (Tate Gallery Publications, London, 1997).

C. A. Riley,Color Codes (University Press of New England, Hanover, NH, 1995).

R. Rosenblum,Ingres (Thames and Hudson, London, 1990).

H. Rossotti,Colour (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1983).

A. Roy,“The materials of van Gogh's‘A cornfield with cypresses’”,National Gallery Technical Bulletin(National Gallery Publications, London), 11 (1987), p. 50.

A. Roy (ed.),Artists’ Pigments: A Handbook of Their History and Characteristics (Oxford University Press, Oxford, 1993), vol. 2.

A. Roy and P. Smith (eds),Contributions to the IIC Dublin Congress, 7-11 September 1998: Painting Techniques: History, Materials and Studio Practice(International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London, 1998).

N. K. Sandars,Prehistoric Art in Europe (Penguin, Harmondsworth, Middx, 1968).

S. Sass,The Substance of Civilization (Arcade, New York, 1998).

D. Saunders and J. Kirby, “Light-induced colour changes in red and yellow lake pigments”, National Gallery Technical Bulletin(National Gallery Publications, London), 15 (1994), p. 79.

L. Sheldon, “Methods and materials of the Pre-Raphaelite circle in the 1850s”,Proceedings of the IIC Dublin Congress, 7–11 December 1998(International Institute for Conservation of Historic and ArtisticWorks, London, 1998) p. 229.

C. Singer, E. J. Holmyard, A. R. Hall and T. I. Williams (eds),A History of Technology (Clarendon Press, Oxford, 1954–1958), vols. 1–4.

H. Skelton, “A colour chemist's history of art”,Review of Progress in Coloration (1999).

A. M. Spalter,The Computer in the Visual Arts (Addison Wesley Longman, Inc., Reading, MA., 1999).

J. Steer,Venetian Painting (Thames and Hudson, London, 1970).

K. E. Sullivan,Turner (Brockhampton Press, London, 1996).

F. S. Taylor,A History of Industrial Chemistry (Heinemann, London, 1957).

Theophilus,De diversis artibus (c. 1122), transl. J. G. Hawthorne and C. S. Smith asOn Divers Arts(Dover, New York, 1979).

A. Theroux,The Primary Colors (Henry Holt and Co., New York, 1994).

A. Theroux,The Secondary Colors (Henry Holt and Co., New York, 1996).

A. Thomas,The Painter's Practice in Renaissance Tuscany (Cambridge University Press, Cambridge, 1995).

D. V. Thompson,The Materials and Techniques of Medieval Painting (Dover, New York,1956).

J. H. Townsend, “The materials of J. M.W. Turner: Pigments”,Studies in Conservation, 38 (1993), p. 231.

A. S.Travis,The Rainbow Makers (Associated University Presses, Cranbury, NJ, 1993).

H. Varley (ed.),Colour (Marshall Editions, London, 1980).

G. Vasari, Introduction toLives of the Artists (1550). Published asVasari on Technique, transl. L. S. Maclehose (Dover, New York, 1960).

E. J. Wall,History of Three-Color Photography (American Photographic Publishing Co.,Boston, MA., 1925).

J. Weiss,Mark Rothko, Tate Gallery exhibition catalogue (National Gallery of Art, Washington, DC, 1998).

H. Weitemeier,Yves Klein (Benedikt Taschen Verlag, Cologne, 1995).

R. White and J. Kirby, "Rembrandt and his circle: Seventeenth-century Dutch paint media re-examined",National Gallery Technical Bulletin (National Gallery Publications, London), 15 (1994), p. 64.

F. Whitford,Bauhaus (Thames and Hudson, London, 1984).

T. I. Williams (ed.),A History of Technology (Clarendon Press, Oxford, 1958), vols. 5 and 6.C. S. Wood,Albrecht Altdorfer and the Origins of Landscape (Reaktion Books, London,1993).

H. Zollinger,Color: A Multidisciplinary Approach (VCH, Zürich and Wiley-VCH,Weinheim, 1999).

注释

中文版序

[1]出自《太平广记》。——译注

前言

[2]原文为colour，该词为本书核心关键词，有“颜料”“颜色”“色彩”等义，中译文依上下文和中文表达习惯区别处理。——译注

[3]原文分别为paint和pigment。Paint既有“颜料”又有“涂料”“油漆”等义，pigment既有“色料”又有“色素”等义，这两个词在本书中多处出现，译法依上下文区别处理。——译注

第一章 注视者的目光——画室里的科学家

[4]毕加索于20世纪30年代创作的一幅反战壁画。——译注

[5]E. H. Gombrich, Art and Illusion (Phaidon Press, London, 1977), 5th edn, p. 30.

[6]A. Callen, Techniques of the Impressionists (New Burlington Books, London, 1987)，p. 6.

[7]比伦大概指的是含钴的大青，一种劣质的蓝色。他未能把它与印象派画家调色板中完全不同的“钴蓝”区分开。

[8]B. Riley, in T. Lamb and J. Bourriau (eds), Colour: Art and Science (Cambridge University Press, Cambridge, 1995), pp. 31—32.（应作者要求略有改动。）

[9]引自 A. Blunt, Artistic Theory in Italy 1450—1600 (Oxford University Press, Oxford, 1962), p. 28。

[10]原文如此。似应为“埃米利乌斯·保卢斯”，古罗马执政官。——译注

[11]L. B. Alberti, On Painting, transl. C. Grayson (Penguin, London, 1991), p. 63.

[12]此处达·芬奇正沉迷于文艺复兴时期的人文主义者最喜欢的一项消遣，即论证一种艺术胜过另一种艺术。例如，我们可以发现，达·芬奇的同时代人贝利尼赞美绘画胜于诗歌。文艺复兴时期的学者们在古典文本中发现了这样的辩论（意大利人称之为paragones）；由于一切古典的都是好的，他们便努力模仿。

[13]Alberti，On Painting，p. 61.

[14]L. M. Principe, The Aspiring Adept: Robert Boyle and His Alchemical Quest

(Princeton University Press, Princeton, NJ, 1998), p. 33.

[15]Le Corbusier and Amédée Ozenfant, "Purism" (1920), in R. L. Herbert (ed.), Modern Artists on Art: Ten Unabridged Essays (New Brunswick, NJ, 1964).

[16]歌德的小说《亲和力》以化学术语命名，用化合反应隐喻人与人之间的情爱分舍。——编注

[17]其他人为这些关联提供了优雅的论证，尤其是马丁·肯普在他的精彩作品《艺术的科学》（The Science of Art）中。但肯普公开承认，对于我希望填补的那个差距，他恰恰没有理会：他忽略了“对新色料的化学成分和制造方式如何影响在绘画过程中进行幻觉式模仿的参数，进行任何持续的探讨”，虽然突出了这种考虑的重要性。

[18]美国童话作品里的国度，由黄、红、蓝、紫四块土地组成。——译注

[19]J. Kristeva, “Giotto's Joy”, inDesire in Language，transl. T. Gora, A. Jardine and L.S. Roudiez (Oxford University Press, Oxford, 1982).

[20]Le Corbusier, “The Decorative Art of Today”, inEssential Le Corbusier: L'Esprit Nouveau Articles，transl. J. Dunnett (Oxford University Press, Oxford, 1998), p. 135.

[21]勃朗（Blanc）意为“白色”。——编注

[22]C. Blanc, 引自 C. A. Riley, Color Codes (University Press of New England, Hanover，NH, 1995), p. 6。

[23]D. Batchelor, Chromophobia (Reaktion Books, London, 2000).

[24]Y. Klein, 引自S. Stich, Yves Klein，展览目录(Hayward Gallery, London, 1995)。

[25]O. Sacks, Uncle Tungsten: Memories of a Chemical Boyhood (Knopf, New York，2001).

[26]P. Levi and T. Regge, Conversations (I. B. Tauris＆Co., London, 1989), p. 59.

[27]二次色即间色，是由两种原色混合而成的颜色；三次色即复色，是由间色混合而成的颜色。——编注

[28]M. Platnauer, “Greek colour perception”, Classical Quarterly , XV (1921).

[29]Alberti, On Painting, p. 85.

[30]出处同上, p. 84。

[31]W. Kandinsky, Reminiscences (1913), in K. C. Lindsey and P. Vargo (eds), Kandinsky: Complete Writings on Art(G. K. Hall＆Co., Boston, 1982), vol. 1, pp. 369—370.

[32]Kandinsky, Concerning the Spiritual in Art, p. 25.

[33]出处同上，pp. 38—41。

[34]Riley, in Colour: Art and Science, p. 63.

第二章 撷取彩虹——关于颜色的物理学和化学

[35]Isaac Newton, Opticks (London, 1706), reprinted by Dover (New York, 1952).

[36]逻各斯象征着理性和逻辑，厄洛斯象征着爱欲和情欲。——译注

[37]出处同上。

[38]Wolfgang von Goethe, Die Farbenlehre (1810), C. L. Eastlake译为 Theory of Colours (1840)。

[39]H. Maguire, Earth and Ocean: The Terrestrial World in Byzantine Art (1987), p. 30.

[40]“鹈鹕丛书”是英国企鹅出版社推出的一套非虚构图书，封面以蓝色为基调。旧版的出版自1937年延续至1984年。2014年，在时隔三十年后，丛书重新回归，推出新版。——译注

[41]为什么速度的变化会引起方向的变化，原因很微妙。基本上，光线走的是从A到B的最快路径；考虑到速度上的差别，弯曲的路线比直线能更快地穿过。

[42]Newton, Opticks.

[43]Aristotle, On Colours, 793b, transl. Hett.见第三章第14条注释。

[44]涂了色的圆盘上的色料也吸收光线，所以，为何麦克斯韦的旋转圆盘给出了加色混合而不是减色混合，可能令人不解。答案是，圆盘的有色区域在相同的地方和时间并不全部吸收光线。在圆盘上的任何位置，每个时刻只有一个区域在吸收光线。其移除的白光光谱部分，在稍后当不同颜色的区域覆盖该点时被替代。整个光谱就这样被传递到人的眼睛：虽不是瞬间，但是以很快的速度前后相继，与瞬间也没什么区别。

[45]G. Field, Chromatography (Winsor and Newton, London, 1869).

[46]引自F. Birren, History of Color in Painting (Van Nostrand Reinhold, New York, 1965)。

[47]1685年，数学家兼画家菲利普·德拉伊尔评论说：“画家知道一些色相，它们在烛光388下比在日光下远为鲜明；也有许多色相在日光下极为明亮，在烛光下则完全丧失美感。”出自《论视力的多种偶然性》（Dissertations sur les differens accidens de la Vue，1685）。

[48]然而，反射光将在人的眼睛和大脑中引起什么反应，并不总是能直接从该光谱中推导出来。

[49]M. Sahlins, “Colours and Cultures”, Semiotica 16 (1976), p. 12.

第三章 火神的熔炉——古代的颜料技术

[50]O. Jones, Athenaeum, 21 December 1850, pp. 1, 348.

[51]然而，它也有自己的崇拜者；《伦敦新闻画报》以赞同的口吻称，“整个宫殿产生的效果，从建筑角度显示了树丛景观和林中空地对自然风景所呈现的视野”。

[52]英国生物学家兼科学普及者刘易斯·沃尔珀特并非第一个说“技术不是科学”的人。但是，在他提出这个看法的《科学的非自然性质》（The Unnatural Nature of Science）一书中包含一个有用的观念，愈发突出了一种重要性，即这种谬误不应该沾事实的光。沃尔珀特说：“科学的最终产物是一种观念……技术的最终产物是一件人工制品。”仅这一点就从科学中排除了大部分化学（包括新化学和旧化学）。然而，沃尔珀特的论点基本上没有提到化学；是由于一无所知还是为了论点整洁，我不知道。为什么希腊哲学家们的“错误”观念（他们用这些观念没有得出任何有用的东西），应该被视为比——举个例子——中世纪炼金术士（他们是卓有成效的生产者）的“错误”观念更具科学性，个中原因没有解释。

[53]一管现代的那不勒斯黄很可能含有新近时期的色料，特别是镉黄的混合物。

[54]关于这一点，最近的例证是在公元前2000至前1200年的古埃及化妆粉中发现了合成的羟基氯铅矿和角铅矿，即铅和氯的复杂化合物。它们可能是通过一氧化铅与氯化钠（食盐）反应制成的。见P. Walteret al., “Making make-up in Ancient Egypt”，Nature, 397 （1999）, pp. 483—484。

[55]Pliny, Natural History, XXXVI, xvi, 191.

[56]引自W. S. Ellis, Glass (Avon Books, New York, 1998), pp. 4—5。

[57]原文millennium，与century（世纪）相对，译为“千纪”。——译注

[58]由于发现了硝酸，16世纪的一项创新成为可能：使用黄金来制作最好的红色玻璃。通过将卤砂（氯化铵）加入硝酸中制得的硝酸和盐酸的混合物会使黄金溶解为液体：它是炼金术士的强力王水（aqua regia）。这种金属形成可溶性氯盐，但可以通过蒸发液体并加热残余物来回收。在玻璃制造过程中，黄金作为微小颗粒从氯化金溶液中沉淀下来，它能对光进行强烈散射以赋予半透明的红色色相。这种化学处理需要相当的知识积累和实践技能，两者都来源于在金矿开采的精炼过程中使用王水溶解黄金，在此精炼过程中它必须与银分离开。鉴于黄金与红色的化学关联，这一过程对炼金术士来说具有重大意义就不足为奇了。

[59]Pliny, Natural History, XXXV, 42.

[60]到中世纪，任何发白的矿物媒染剂都倾向于被称为明矾，不论其化学成分如何。希腊人和罗马人主要使用在火山区域发现的含钾的明矾矿物。

[61]Holy Land，即巴勒斯坦。——译注

[62]以赛亚书》1:18。

[63]对于动物学家来说，胭脂虫家族（kermes family）的蚧虫从前是（在某些情况下仍然是）由软蜡蚧属（Coccus）表示的。

[64]莎士比亚的一部喜剧。——译注

[65]Theophrastus (transl. Hill), 引自 G. Agricola, De re metallica，transl. H. C. and L. H.Hoover (Dover, New York, 1950), p. 440。维特鲁威、迪奥斯科里季斯和普林尼也描述了这个过程。

[66]丹砂即辰砂。——编注

[67]这一卷（De coloribus）传统上被归于亚里士多德名下，但现在普遍认为其真正作

者是他的弟子泰奥弗拉斯托斯。无论如何，我们可以确定它忠实反映了亚里士多德的思想。

[68]引自D. Thompson, The Materials and Techniques of Medieval Painting (Dover, New York, 1956), p. 125。

第四章 秘方——炼金术的艺术遗产

[69]托马斯·阿奎那的老师。——译注

[70]后来的修正主义科学史学家把《怀疑的化学家》描述为一本反炼金术的小册子。现在很明显的是，波义耳实际上试图把他所认为的“好的”炼金术与“坏的”炼金术分开。

[71]原文为Venus，在炼金术中指铜。——译注

[72]Paracelsus, “The Treasure of Treasures for Alchemists”.见于 The Water-Stone of the Wise Men: Describing the matter of, and manner how to attain the universal Tincture, 由伦敦的J. H. 奥克森于1659年出版，“在圣保罗大教堂西端的‘黑色展翼鹰’销售”。

[73]Albertus Magnus, Book of Minerals, transl. D. Wyckoff (Clarendon Press, Oxford, 1967), IV, i, 2, pp. 207—208.

[74]D. V. Thompson, The Materials and Techniques of Medieval Painting (Dover, New York, 1956), p. 106.

[75]Theophilus, On Divers Arts, p. 119.

[76]波义耳说，此过程是由荷兰或比利时的一位精炼商告诉他的；这项发现肯定来自将银与铜分离的采矿实践。

[77]C. S. Smith and J. G. Hawthorne (ed. and transl.), Mappae clavicula: A Little Key to the World of Medieval Techniques. In Transactions of the American Philosophical Society (American Philosophical Society, Philadelphia), new ser., 64 (1974), pt. 4, p. 28.

[78]M. P. Merrifield (ed. and transl.), De coloribus et artibus Romanorum. InOriginal Treatises on the Arts of Painting(1849), reprinted by Dover (New York, 1967). 赫拉391克利乌斯的小册子是在19世纪40年代出土，并被玛丽·梅里菲尔德翻译成英语的一批小册子中的一本，梅里菲尔德受英国政府委托收集与绘画技术方面早期历史相关的意大利手稿。梅里菲尔德是维多利亚时期罕见的女性之一，成功克服了她那个年代的沙文主义，赢得了父权制社会的普遍尊重，对绘画的技术史的贡献影响深远。作为一位艺术家、一名优秀的学者、一个至少有三个孩子的母亲，并且据说“性格刚强，富有幽默感”，她在1844年第一个将琴尼诺的书翻译成英语，并将其他重要的中世纪秘方汇编呈现给众人。

[79]Theophilus, On Divers Arts, pp. 11—12.

[80-0]master piece现在意指“杰作”。——译注

[80]Cennino Cennini, Il Libro dell'Arte (c. 1390), transl. D. V. Thompson (The Craftsman's Handbook)(Dover, New York, 1960), p. 3.

[81]G. B. Armenini, De veri precetti della pittura (1587).见W. G. Constable, The Painter's Workshop(Oxford University Press, London, 1954), p. 66。

[82]原文panel painting，一种古老的绘画方式，在或单张或拼凑的木板上完成。在古希腊和古罗马备受推崇，但幸存至今的作品极少。——译注

[83]Kaspar Scheit, Die fr?hliche Heimfahrt (The Joyous Journey Home，1552). 引自A. Burmester and C. Krekel, “The relationship between Albrecht Dürer's palette and fifteenth/sixteenth-century pharmacy price lists: the use of azurite and ultramarine”, in A. Roy and P. Smith(eds), Contributions to the IIC Dublin Congress, 7—11 September 1998:Painting Techniques: History, Materials and Studio Practice (International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London, 1998), p. 101。

[84]Cennino Cennini, The Craftsman's Handbook, pp. 84—85.

[85]出处同上，pp. 101—102。

[86]Heraclius, De coloribus et artibus Romanorum.

第五章 光影大师——文艺复兴的荣光

[87]Alberti, On Painting, p. 87.

[88]Giorgio Vasari, Lives of the Artists (1568), transl. G. Bull (Penguin, London, 1965)，p. 284.

[89]出处同上, p. 360。

[90]Theophilus, On Divers Arts, transl. J. G. Hawthorne and C. S. Smith (Dover, New York, 1979), pp. 27—28, 32.

[91]Giorgio Vasari, introduction toLives of the Artists (1550), L. S. Maclehose译作Vasari on Technique (Dover, New York，1960), pp. 226, 230。

[92]G. Birelli, Opera (Florence, 1601), bk 2, pp. 369—370.

[93]C. Merret, The Art of Glass (1662), translation of Antonio Neri'sL'Arte Vetraria(1612).

[94]Johann Mathesius, Sarepta oder Bergpostill (1562), 引自G. Agricola, De re metallica(1556), transl. H. C. and L. H. Hoover (Dover, New York, 1950), p. 214。

[95]Alberti, On Painting, p. 85.

[96]本书共提到三幅英文名为Adoration of the Kings的画作，作者分别为温琴佐·佛帕、保罗·委罗内塞和老彼得·勃鲁盖尔，画作中译名相应有所不同。——译注

[97]引自 M. Doerner, The Materials of the Artist (Harcourt Brace and Co., Orlando, FL，1949), p. 342。

[98]但是，应该警惕，不要把威尼斯和佛罗伦萨互相列为16世纪的对手。这似乎在很

大程度上是19世纪的一个杜撰，不反映时人的感受。然而，瓦萨里要负部分责任。具有讽刺意味的是，他把佛罗伦萨大师中理论倾向最小的米开朗琪罗，与威尼斯画派的提香置于相对立的位置，后者和他一样，对绘画持有直觉的态度。在瓦萨里的《艺术家们的生活》中，提香获得了勉强的赞美和对那些还没有学好绘画的人的含蓄批评，瓦萨里的同胞米开朗琪罗则代表着艺术中令人满意的一切。

[99]L. Lazzarini, “Indagini preliminari di laboratorio”, in E. L. Ragni and G. Agosti (eds), Ilpolittico Averoldi di Tiziano restaurato(Brescia，1991), p.176.

[100]现代画家弗兰克·奥尔巴赫通常用土质颜料那经过雕琢的厚涂风格来覆盖画布。但是，在为回应提香的画作而受托于1971年创作的那一版《酒神巴库斯与阿里阿德涅》中，他被迫采用了没有典型特征的原色调色板。奥尔巴赫的转绘的灵感来源之所以能够被识别，主要是由于颜色而不是人物。提香的雄黄是用强烈的现代橙色复制的。

第六章 古老的黄金——简朴调色板的复兴

[101]此书已有中译本，书名译为《欧洲绘画大师技法和材料》，杨红太、杨鸿晏译，清华大学出版社2006年2月版。——译注

[102]F. Zuccaro, Idea de'Pittori, Scultori e Architetti (1607), bk 2, ch. 6.

[103]“赭色”和“锡耶纳”原文都是sienna。——译注

[104]E. Norgate, Miniatura or the Art of Limning (1627—1628), 引自 R. D. Harley, Artists' Pigments c. 1600—1835(Butterworths, London, 1982), 2nd edn。

[105]即鲁本斯，安特卫普是鲁本斯的故乡。——译注

[106]Leonardo da Vinci, Treatise on Painting, ed. and transl. A. P. McMahon (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1956).

[107]出处同上。

[108]C. S. Wood, Albrecht Altdorfer and the Origins of Landscape (Reaktion Books, London, 1993), p. 63.

[109-0]R. de Piles, Dialogue sur le Coloris (1699).引自 E. H. Gombrich, Art and Illusion (Phaidon, London, 1977), 5th edn, p. 265。

[109]引自J. Kirby and D. Saunders, “Sixteenth- to eighteenth-century green colours in landscape and flower paintings: composition and deterioration”, in A. Roy and P. Smith (eds), Contributions to the Dublin Congress, 7—11 September 1998: Painting Techniques: History, Materials and Studio Practice(International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London, 1998), p. 155。

[110]H. Peacham,The Compleat Gentleman (London, 1622).

[111]最近有一种主张，认为这幅画中的颜色其实过于花哨，完全不可能是鲁本斯的作品。国家美术馆断然否认了这个说法。

第七章 多彩的金属——合成色料与颜色化学的黎明

[112]罗马神话中的火与锻冶之神。——译注

[113]R. Boyle, The Sceptical Chymist (1661)，引自W. H. Brock, The Fontana History of Chemistry (Fontana, London, 1992), p. 57。

[114]出处同上，p. 61。

[115]A. Wurtz, Dictionnaire de chimie pure et appliquée (1869)，引自Brock, The Fontana History of Chemistry, p. 87。七十年后，颜色化学家乔斯林·菲尔德·索普回击称，“化学是一门英国科学，其创始人是令人永远铭记的卡文迪许”。

[116]拉瓦锡的新系统化学在法国占据了主导地位，但是其他地方对它的接受还要靠坚定的拥护者。在德国，没有人比他那个时代最好的分析化学家之一、专业的元素探寻者、药剂师马丁·海因里希·克拉普罗特更热心。作为一名积极的矿物研究者，克拉普罗特的新金属物质名单令人印象深刻：铈、碲和钛都是他发现的，对沥青油矿的研究使他得到一种明亮的黄色化合物；为纪念威廉·赫舍尔发现天王星（Uranus），克拉普罗特将这种新的重元素命名为铀（uranium）。铀盐随后曾短期被作为色料，主要是在橙色陶瓷釉料中。至少自公元1世纪以来，它们就在这种背景下被断断续续地使用。

[117]Sir Philiberto Vernatti, inPhilosophical Transactions of the Royal Society, XII, p. 137(1678).

[118]一些文本表明这是碘的发现者贝尔纳·库尔图瓦。但是，贝尔纳·库尔图瓦生于1777年，说他在1781年发现锌白很难站得住脚。

[119]这个奇怪名字的起源相当模糊；一些人把它归于帕拉塞尔苏斯名下，帕拉塞尔苏斯喜欢发明奇怪的词汇。

[120]由于矿石中的杂质，这种产物的纯度比法国工序的纯度低，因此高等级的锌白不得不进口到美国。事实上，19世纪的锌白有多个等级：最好的锌白1号是最上等的白色色料，而“石灰色”（stone grey）和“灰色氧化锌”是用于底料或工业涂料的劣质材料。

[121]F. Stromeyer, “New details respecting cadmium”, Annals of Philosophy, transl. fromAnnalen der Physik, 14 (Leipzig, 1819), pp. 269—274.

[122]这项发现也被归于一位名叫伊格纳茨·米蒂斯的维也纳化学家。米蒂斯可能在1798年和1814年之间的某个时候制造了乙酰亚砷酸铜，并在晚些时候（如果不是更早的话）以米蒂斯绿或维也纳绿之名制造它。然而，米蒂斯和扎特勒的发现有可能几乎是同时发生的。

[123]引自 S. Garfield, Mauve (Faber and Faber, London, 2000), p. 105。

[124]原文如此。似应为路易·尼古拉·沃克兰。——译注

[125]这一早得惊人的日期受到慕尼黑德尔纳学院进行的研究的支持；见R. L. Feller（ed.）, Artists' Pigments （National Gallery of Art, Washington, DC, 1986）, vol. 1, p. 213。

[126]氧化铬已经在透纳的《索默山》（Somer Hill，1812）中得到初步确认。这是一个非常早的用法，无疑佐证了透纳作为新色料的狂热实验者的名声。见E. West Fitzhugh，Artists' Pigments (National Gallery of Art，Washington，DC，1997)，vol. 3，p. 275。

[127]沙普塔尔同时也是一位化学家。——译注

[128]沙普塔尔本人就是一名工业化学家，著有《工艺应用化学》（Chimie appliquée aux arts ，1807），对涂料和染料行业的后来几代工业化学家产生了重大影响。

[129]J.-F.-L.Mérimée, De la peinture à l'huile (1830), p. ix.

[130]G. D. Leslie, Inner Life of the Royal Academy，引自K. E. Sullivan, Turner (Brockhampton Press, London, 1996)。

[131]也有例外。霍尔曼·亨特说，透纳在《接近威尼斯》（Approach to Venice, 1844）中使用的柠檬黄是菲尔德的；然而拉斯金在1857年哀叹这幅图画变成了“死亡颜色的可悲残骸”。见J. Gage, George Field and His Circle (Fitzwilliam Museum，Cambridge, 1989), p. 42。

[132]乔伊斯·汤森（私下）说，碘红已经发现于伦敦国家美术馆所藏透纳的《被拖去解体的战舰“无畏号”》（Téméraire）。如果施用时不加上光油，则碘红易于通过升华消失。

[133]位于泰晤士河畔。——译注

[134]泰晤士河中的岛屿。——译注

[135]G. Field, Chromatics (1845), 2nd edn.

第八章 光的统治——印象派的明亮效应

[136]Eugène Delacroix, 引自 F. Birren, History of Color in Painting (Van Nostrand Reinhold，New York, 1965), p. 13。

[137]出处同上, p. 57。

[138]H. von Helmholtz, “Recent progress in the theory of vision”, Popular Lectures on Scientific Subject, II (1901), pp. 121—122.

[139]J. Ruskin, The Art of England, inThe Works of John Ruskin, E. Cook and A.Wedderburn (eds)(London, 1908), vol. 23, pp. 272—273.

[140]J. Laforgue, L'Impressionnisme （对 1883年柏林古利特画廊一次画展的评论），首次发表于 Mélanges posthumes. Oeuvres complètes (Paris, 1903), vol. 3；重印于 Les Ecrivains devant l'Impressionnisme (1989)。译本参见L. Nochlin, Impressionism and Post-Impressionism 1874—1904: Sources and Documents. (Englewood Cliffs, NJ，1966), pp. 14—20。

[141]在《应用化学染色讲义》（Leçons de chimie appliqué à la teinture，1829—1830）中，谢弗勒尔是第一批呼吁对染色化学持系统观点的科学家之一。

[142]M. -E. Chevreul, Les Lois du contraste simultané des couleurs (On the Laws of Simultaneous Contrast of Colours) (Paris, 1839).

[143]在强调了对颜色的兴趣的化学渊源后，他把这本书献给了朋友兼同事、著名的瑞典化学家约恩斯·雅各布·贝采里乌斯。

[144]H. von Helmholtz, “Über die Theorie der zusammengesetzten Farben”, Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie, LXXXVII (1852), pp. 45—66;译作“Sur la théorie des couleurs composées”, Cosmos, II (1852—1853), pp. 112—120。亥姆霍兹在《光学论文集》（Treatise on Optics, 1867）中详细阐述了他的发现。

[145]H. von Helmholtz, “On the relation of optics to painting”, transl. E. Atkinson, inPopular Lectures on Scientific Subject (Longmans, Green and Co., London, 1903)，vol. 2, p. 118.

[146]同样，土质色料的确出现在19世纪70年代的毕沙罗画作中。而德拉克洛瓦本人已经在1857年呼吁放弃土质颜料。

[147]引自H. A. Roberts, Records of the Amicable Society of Blues (Cambridge University Press, Cambridge, 1924), pp. 53—54。

[148]奥古斯特·雷诺阿，出自1910年的一次访谈。引自J. Rewald, The History of Impressionism (Secker & Warburg, London, 1973), 4th edn。

[149]让这一点接受考验是一个令人不安的想法，但是美国艺术家雪莉·莱文几乎正是这样做的。她的“熔化”系列画作（1990）是通过使用计算机，使名画中的颜色呈平均色而获得的单色。《熔化：仿莫奈I》是一种偏暗的银灰色。作为一种减色混合物，它朝向黑色而不是白色变化。不过，平均色相的消色差性证明了莫奈作品在光谱上的包容性。

[150]阳光当然是白色的，不是黄色的；但在印象派画家的感受中，它是金色的

[151]J. Claretie, La vie à Paris 1881 (Paris, 1881), p. 266.评论者阿尔弗雷德·德·洛斯塔洛提出，莫奈实际上有一个极为宽广的视觉范围，能够感知紫外光。

[152]O. Rood, Modern Chromatics (1879), pp. 279—280 and 139—140.

[153]Ruskin, Elements, inWorks, p. 152.

[154]事实上，尚不清楚修拉是否曾经深入研究过鲁德的文本。修拉的光学混合知识似乎主要来自夏尔·勃朗对谢弗勒尔理论的普及。见J. Gage, Colour and Meaning(Thames and Hudson, London, 1999), p. 213 and n. 10。

[155]F. Fénéon，“Les Impressionnistes”, La Vogue, 13—20 June 1886.

[156]出处同上。

[157]P. Signac, 引自 R. L. Herbert, Neo-Impressionism (New York, 1968), p. 108。见Gage，Colour and Meaning, p. 217。

[158]C.毕沙罗于1886年11月6日写给保罗·桂兰德——鲁埃尔的信，收录于 L. Venturi，Les Archives de l'Impressionnisme (Paris and New York, 1939), vol. 2, p. 24。

[159]Paul Gauguin，引自L. Bolton, The History and Techniques of the Great Masters: Gauguin (Tiger Books International, Richmond, VA, 1988), p. 13。在1902年从多米尼克写给沃拉尔的同一封信中，高更要求获得“室内装饰师的颜色”，从而成为20世纪50年代美国艺术家们的先声。他说：“它们的花费只有三分之一，而且质量好多了。”

[160]J.-P. Crespelle, The Fauves (Oldbourne Press, London, 1962).

[161]梵高于1888年6月写给弟弟提奥的信，见于 The Letters of Vincent van Gogh, ed. M.Roskill (Flamingo, London, 2000), p. 268。

[162]这种胭脂红色淀可能是由人造茜素制成的新的合成品种。

[163]The Letters of Vincent van Gogh, p. 252.

第九章 对紫色的激情——染料，以及颜料的工业化

[164]古闪米特人神话中主管生育和爱情的女神。——译注

[165]希腊神话中的海神，善预言，能随意改变自己的面貌。——译注

[166]罗马最高国家权力的象征。——译注

[167]Pliny, Natural History, IX, xxxvi, 126.

[168]2. Aristotle, Historia Animalium, bk V, transl. D'A. W. Thompson (Clarendon Press，Oxford, 1910).

[169]Pliny, Natural History, IX, xxviii, 134—135.

[170]出处同上, XXXV, 46。

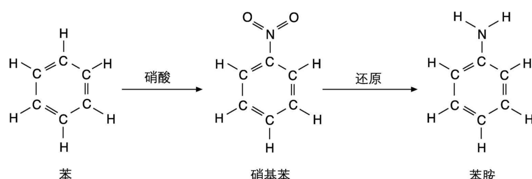
[171]Julius Caesar, De Bello Gallico, bk V.

[172]R. Hakluyt, The Principall Navigations Voiages and Discoveries of the English Nation (1589), reprinted in facsimile (Cambridge University Press, Cambridge, 1965), vol. 2, p. 454.

[173]出处同上。

[174]W. Cullen (c.1766)，引自 A. L. Donovan, Philosophical Chemistry in the Scottish Enlightenment(Edinburgh University Press, Edinburgh, 1975), p. 107。

[175]苯是经浓硝酸处理而硝化的（得出硝基，含有氮和氧）。然后产物（即硝基苯）被“还原”，这意味着用氢替代硝基中的氧原子以制备氨基。对于那些不容易被化学的符号形式主义吓倒的人来说，这些化合物的分子结构如下（见下图）。只要习惯了体系，图片比文字更好懂。字母表示碳、氢、氧和氮的原子，线表示连接它们的键。



[176]Garfield，Mauve，p. 67.

[177]可能有很好的理由来说明，为什么这个日期在今人的描述中有些不一致——因为

韦尔古在完成这项发现时是否仍然被拉法尔雇用，或被后来的东家勒纳尔兄弟雇用，或者没有受雇于两者中的任何一家，这对于随后的专利争议有一定的重要性。工业间谍活动在这个竞争日益激烈的行业并不陌生。

[178]原文magenta，即意大利城市马真塔。——译注

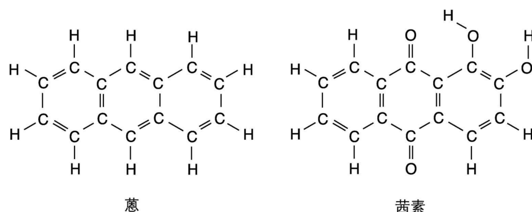
[179]A.W. Hofmann. “On aniline-blue”, Proceedings of the Royal Society, 13 (1863), p. 14.

[180]苏格兰化学家阿奇博尔德·斯科特·库珀提出了一个独立于克库勒的碳链的想法，更明确地说是在1858年。但是库珀论文的发表被延误了，让克库勒的论文得以先行发表，库珀由此没有资格主张优先权。随后为获得承认进行的努力使他心灰意冷，以致最终完全放弃了化学。

[181]敏锐的读者会注意到，如此一来每个碳原子就连接到仅仅三个其他原子，而不是四个。不足部分由碳与同一原子形成多重键的能力弥补。这在前面的图表中有过说明，其中两条平行线表示双键。它并非如表面看上去那样，是廉价的脱身。双键真的比单键更强、更短；并且两个键中的一个可以断开，允许另外的原子将其自身连接到碳上，而不切断另一个键。为完整起见必须补充的是，在苯和其他芳香烃中，单键和双键并不真正地围绕着环交替出现。相反，多重键合在所有碳——碳键之间变得“模糊”，使得所有这些连接都是相等的，并且可被视为仿佛每个都由“一个半键”组成。

[182]M. Brusatin, A History of Colors (Shambala, Boston, 1991), p. 99.

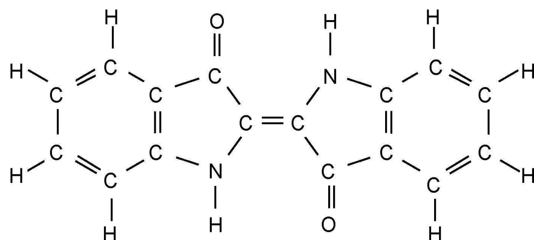
[183]分子结构看起来类似于下图：



[184]贝耶尔实验室的操作方法，是使用试剂将有机化合物分解成碎片或更简单的分子，并用所得到的信息来指导相反的合成过程。为了制造复杂的有机分子，化学家现在通常进行类似的“思想实验”，它被称为逆合成分析。

[185]引自Perkin Centenary London: 100 Years of Synthetic Dyestuffs (Pergamon, London，1958), p. 23。

[186]靛蓝的结构如下（见下图）。



靛蓝

[187]C. Rawson, “The cultivation and manufacture of indigo in Bengal”, Journal of the Society of Dyers and Colourists, (July, 1899), p. 174.

[188]茜草红长期以来一直是染料质量的衡量标准，甚至“保障”（guarantee）一词就来自茜草红的意大利语 garanza。

[189]M. Doerner, The Materials of the Artist (Harcourt Brace＆Co., Orlando, FL, 1949), p. 91.

第十章 午夜暗影——关于蓝色

[190]W. Kandinsky, ?ber das Geistige in der Kunst (1911), transl. M. T. H. Sadler as The Art of Spiritual Harmony(Constable and Co., London, 1914) and reprinted as Concerning the Spiritual in Art(Dover, New York, 1977), p. 38.

[191]R. Boyle, Experiments＆Considerations Touching Colours (London, 1664), pp. 219—221.

[192]Marco Polo, Il milione, ed. D. Ponchiroli (Einaudi, Turin, 1954), ch. 35, p. 40.

[193]Cennino Cennini, Il Libro dell'Arte (The Craftsman's Handbook), transl. D. V. Thompson (Dover, New York, 1960), pp. 37—38.

[194]出处同上, p. 38。

[195]出处同上, p. 36。

[196]J. Itten, The Elements of Colour (Van Nostrand Reinhold, New York, 1970), p. 88.

[197]P. Hills, Venetian Colour (Yale University Press, New Haven, CT, 1999), p. 136.

[198]英国1663年发行的一种金币，等于21先令。——译注

[199]Y. Klein, “Par la couleur . . .”, inMon Livre, unpublished and written in 1957 (Yves Klein Archives).引自N. Charlot, Yves Klein (Vilo International, 2000), p. 60。

[200]出处同上。

[201]即International Klein Blue，国际克莱因蓝。——译注

[202]苏联宇宙员，人类历史上第一个进入太空的人。——译注

第十一章 时间这个画家——不停变化的画布

[203]一些专业的颜料制造商现在为保护工作者生产“修饰”颜料，它们颜色稳定，在化学上能与被修复作品中所用的颜料区分开，并且能够用有机溶剂去除。2000年，美国冈布兰艺术家颜料公司推出了一系列具有优异的光学和操作性能的修饰颜料，它们被置于由巴斯夫公司制造的无毒脲醛树脂中。见 L. R. Ember, Chemical and Engineering News 79 (30 July 2001), pp. 51—59。

[204]E. H. Gombrich, Art and Illusion (Phaidon, London, 1977), 5th edn, p. 49.

[205]在绘画时用于遮盖无须着色的部分。——译注

[206]Cennino Cennini, The Craftsman's Handbook, p. 26.

[207]出处同上, p. 24。

[208]Doerner, The Materials of the Artist, p. 83.

[209]为了为色料辩护，应该说现代的制备方法似乎能提供保护，使其耐久。但这对18世纪的画家没什么帮助。

[210]Field, Chromatography, p. 412.

[211]出处同上。

[212]引自J. Gage, George Field and His Circle (Fitzwilliam Museum, Cambridge, 1989)，p. 70。

[213]Doerner, The Materials of the Artist, pp. v——vi.

第十二章 捕捉颜色——艺术如何在复制中显现

[214]译文引自[德]瓦尔特·本雅明：《机械复制时代的艺术作品》，王才勇译，中国城市出版社2002年版，第84—85页。——译注

[215]Benjamin, “The work of art in the age of mechanical reproduction”.

[216]Berger, Ways of Seeing, p. 21.

[217]甚至在我写下这些文字时，伦敦的城市外立面装饰上，还被人偷贴着提香那穿深红色长袍的圣母形象，尽管该形象所宣传的“文艺复兴”更多地是与俱乐部文化，而不是与“高雅”文化相关。

[218]乔纳森·布朗和卡门·加里多指出，受到讨论最多的西方经典之一——委拉斯开兹的《宫女》（Las Meninas），主要是根据复制品来阐释的。他们说：“似乎没有人对作品的材料特征或物理结构感兴趣，或者把它作为绘画表现来欣赏……然而，［1984年］对此画的清洗……让我们得以将它看作西方文化史上最杰出的艺术代表作之”一。这件事传递的信息是（除了“把你带到上流社会”之外），若坚持概念同时忽略材料，我们可能会错过此类作品的真正动人之处。见J. Brown and C. Garrido, Velázquez: The Technique of Genius （Yale University Press, New Haven, CT, 1998）。

[219]Le Blon, Coloritto, Epistle xx.

[220]出处同上, p. 28。

[221]出处同上, p. 30。

[222]勒布隆在将《绘画中的着色和谐》题献给沃波尔时，大概不知道这句评论。

[223]R. M. Burch, Colour Printing and Colour Printers (Sir Isaac Pitman and Sons Ltd, London, 1910), p. 112.

[223-0]即放在咖啡茶几上做摆设的书，多为印制精美而内容贫乏的大开本画册。——译注。

[224]发表研究结果时，舒尔策取的标题是 Scotophorus pro Phosphoro Inventus ——这是在打趣一个事实：实验本意是想制造磷——易燃的“光的使者”，结果产生的是“Scotophorus”——“黑暗使者”。

[225]S. F. B. Morse in theNew York Observer，引自J. Carey (ed.), The Faber Book of Science (Faber and Faber, London, 1996)。

[226]J. C. Maxwell, inTransactions of the Royal Society of Edinburgh, 21 (1857), p. 275.

[227]据可靠消息，演讲本身相当糟糕，麦克斯韦是一个出了名的蹩脚演说者。

[228]J. C. Maxwell, British Journal of Photography, 9 (1861), p. 270.

[229]H. Collen, British Journal of Photography, 12 (1865), p. 547.柯伦建议根据减色法原色红、蓝和黄进行分色，而不是（更适当地）根据麦克斯韦使用的加色法原色。

[230]E. J. Wall, History of Three-Color Photography (American Photographic Publishing Co., Boston, MA., 1925), p. 9.

[231]1914年在美国成立的一家电影制作公司，于1916年推出双色染印法，1932年研发出三色染印法。特艺色的彩色胶片技术在20世纪20年代至50年代被广泛应用于好莱坞电影。——编注

[232]E. Wind, Art and Anarchy (London, 1963), p. 165.

[233]Georgia O'Keeffe, 引自 C. A. Riley, Color Codes (University Press of New England, Hanover, NH, 1995), p. 169。

第十三章 心胜于物——在现代主义中作为形式的颜色

[234]H. von Helmholtz, “Recent progress in the theory of colour vision”, Popular Lectures on Scientific Subject, II (1901), pp. 121—122.

[235]J. Flam (ed.), Matisse: A Retrospective (Hugh Lauter Levin, New York, 1988), p. 153.

[236]硒的英文原文selenium，与希腊神话中的月亮女神同名。——译注

[237]引自 A. H. Barr Jr., Matisse: His Art and His Public (New York, 1951), p. 119。

[238]引自 Riley, Color Codes, p. 134。

[239]引自 J. Leymarie, Fauves and Fauvism (Editions d'Art Albert Skira S. A., Geneva, 1995)。

[240]印象派画家聚焦之地，被称为“印象派画家之岛”。——译注

[241]巴黎的一份文学刊物，以法国小说家阿兰·勒内·勒萨日的一部作品命名。——编注

[242]R. Delaunay, Du Cubisme à l'Art Abstrait, ed. P. Francastel (1957), pp.182—183.

[243]引自 H. Read, A Concise History of Modern Painting (Thames and Hudson, London, 1974), p. 180。

[244]E. Neumann (ed.), Bauhaus and Bauhaus People (Van Nostrand Reinhold, New York, 1970), p. 45.

[245]P. Cherchi, Paul Klee teorico (Paul Klee, Theoretician)(De Donato, Bari, 1978), pp.160—161.

[246]M. Doerner, The Materials of the Artist (Harcourt Brace & Co., Orlando, FL, 1949)，pp. 169—170.

[247]Cherchi, Paul Klee teorico, pp. 160—161.

第十四章 纯粹的艺术——新的材料，新的视野

[248]P. Leider, “Literalism and Abstraction: Frank Stella's Retrospective at the Modern”(1970), reprinted in F. Frascina and J. Harris (eds), Art in Modern Culture (Phaidon Press, London, 1992), p. 319.

[249]William Wright访谈, reprinted in H. Namuth, Pollock Painting (New York, 1950)。

[250]然而，存在一种危险，即将太多东西归给波洛克的非传统材料。波洛克有时甚至在他独特的“滴”画中使用油画颜料，虽然显然是从颜料管里直接挤出来的。见 S.Lake, “The challenge of preserving modern art: a technical investigation of paints used in selected works by Willem de Kooning and Jackson Pollock”, MRS Bulletin, 26 (1) (2001), p. 56。

[251]瓷漆涂料并不总是在硝化纤维素中结合，该术语仅表示一种坚韧的高光表面。一些早期的瓷漆涂料使用亚麻籽油作为主要的黏合剂，用树脂提高韧性。到后期，醇酸树脂提供了黏合剂。

[252]引自J. Crook and T. Learner, The Impact of Modern Paints (Tate Gallery Publishing, London, 2000), p. 71。

[253]“胡佛”（Hoover）本是一个著名吸尘器品牌，后在英语口语中演变成动词，意即“用吸尘器吸”。——译注

[254]David Hockney: Paintings, Prints and Drawings 1960—1970，展览目录(Whitechapel Art Gallery, London, 1970), pp. 11—12。

[255]引自 Crook and Learner, The Impact of Modern Paints, p. 97。

[256]我曾见过这部作品和罗斯科的部分作品以上下颠倒的方式被复制：这是抽象带来的危险。我想，没有多少画作能让你付一回钱得到两种景观。但是出版商出现一些混淆情有可原，我们要记住，在画作完成前，连罗斯科自己也并不总是知道一幅作品应该哪边朝上，甚至在画作完成后他有时还会改变主意。

[257]引自 D. Anfam, Abstract Expressionism (Thames and Hudson, London, 1990), p. 142。

[258]S. Rodman, Conversations with Artists (New York, 1957), p. 93.

[259]E. Jones, memorandum to Agnes Morgan, acting director of the Fogg Museum，3 November 1970.引自M. B. Cohn (ed.), Mark Rothko's Harvard Murals (Harvard University Art Museums, Cambridge, MA, 1988), p. 10。

[260]2008年，哈佛艺术博物馆和麻省理工学院媒体实验室开始利用数字技术对哈佛壁画进行光学修复，具体方式是通过数字投影仪将光投射到褪色的画作上，对画作进行影像补偿，使其呈现原始色彩。这批画于2014年重新展出。——编注

[261]引自 Hughes, The Shock of the New。

[262]引自 N. Welliver, “Albers on Albers”, Art News, LXIV (1966), pp. 68—69。

[263]F. Stella, Working Space (Harvard University Press, Cambridge, MA., 1986), p. 71.

[264]出处同上, p. 89。

[265]Batchelor, Chromophobia, p. 10.

[266]2000年，德国化学家M.扬森与H. P.莱切特报告了一类新的、不含有毒重金属的红色和黄色无机材料，见Nature，404(2000)，pp. 980—982。它们是含有钙、镧、钽、氧和氮的复杂化合物，是否可以商业化还有待观察。

WEEDS

杂草的故事

—— 典藏版 ——

[英国] 理查德·梅比 著
陈曦 译

译林出版社

版权信息

Weeds: How Vagabond Plants Gatecrashed by Richard Mabey
Copyright © Richard Mabey, 2010, 2012
This translation published by arrangement with Andrew Nurnberg Associates International Ltd
Simplified Chinese edition copyright © 2020 by Yilin Press, Ltd
All rights reserved.
著作权合同登记号　图字：10-2017-234号

书　　名　杂草的故事：典藏版

作　　者　【英】理查德·梅比

译　　者　陈曦

责任编辑　杨雅婷

出版发行　译林出版社

ISBN　9787544774079

关注我们的微博：@译林出版社

关注我们的微信：yilinpress

意见反馈：@你好小巴鱼

目录
CONTENTS

序言 杂草衬托着我们的文明
献给
第一章 贯叶泽兰——随处可见的平凡杂草
第二章 侧金盏花——比人类更古老的杂草
第三章 萹蓄——寓言之草
第四章 宽叶车前——“百草之母……蕴含着力量”
第五章 夏枯草——杂草亦良药
第六章 三色堇——杂草与三个作家的故事
第七章 牛膝菊——唯利是图的杂草
第八章 牛蒡——“叶子只为装点庭院”
第九章 格雷尔达——花园边的巫女
第十章 柳兰——火杂草
第十一章 三尖树——末日杂草
第十二章 肖迪奇的兰花
致谢
植物名称词汇表
注释和参考文献
注释

序言
杂草衬托着我们的文明

英国自然作家、博物学家梅比这本关于杂草的书，可与美国作家迈克尔·波伦的《欲望植物学》（中译本改译为《植物的欲望》）相媲美。此书有一个英文版本的标题是*Weeds: In Defense of Nature's Most Unloved Plants*，如果直译的话，大约为《杂草：为大自然中不受待见之植物说点好话》，作者的用意似乎已经有所流露。

“杂草”这样的词，听起来就边缘化。什么是杂草？长错地方的植物、没用的植物、令人讨厌的植物，即“不受待见的植物”。杂草位卑身贱，汉语中“草包”（喻外强中干无能之人）、“草案”、“草率”、“草娘”（妓女）、“草靡”（形容溃败）、“草台班”（民间戏曲班社）、“草菅人命”、“草茅之臣”、“如弃草芥”、“寸草不生”、“秋草人情”、“浮皮潦草”、“落草为寇”、“拨草寻蛇”、“闲花野草”、“草莽英雄”、“闾巷草野”、“拈花惹草”、“剪草除根”等，都透露出杂草的地位和身份。当然，也有取褒义的，也不乏辩证的，如“草书”。在中国，如我一般年过半百的“老人”，提起杂草，还容易想起“文革”期间的“批毒草”运动。那时候，不符合主流革命价值观的电影、音乐、歌曲、书籍、报告等，都可能被划为毒草而遭到禁止，比如《白夜》《柳堡的故事》《美丽的西双版纳》《孔雀公主》《海瑞上疏》《菊花》《带翅膀的媒人》《泥石流》《神笔》《济公斗蟋蟀》《第四十一》《红叶》《红与黑》《王子复仇记》《雾都孤儿》《裸岛》等，都属于毒草或大毒草。在那个年代，天然的、人造的万事万物皆是“征象”（sign），跟文艺复兴时期欧洲的“象征博物学”（emblematic natural history）有几分相似，只不过前者是以革命领袖的名义，后者是以基督教上帝的名义。梅比若在中国生活过，可能会对中国“政治博物学”中的杂草修辞别有一番感受。

梅比是经验丰富的自然作家，颇懂传播技巧，他能把平凡的事情写得非常生动。我读他的书不多，只有两本：除了这本《杂草的故事》，另一本是描写英国著名博物学家吉尔伯特·怀特的《怀特传》。我还看过有他出场的几个文化短片。不过，通过这些已经能够判断，他是一位写作高手，他有学者气质和丰富的一阶博物实践经验。

英国农民诗人约翰·克莱尔曾说："杂草，正合我心意。"梅比和我一样欣赏克莱尔，由此可部分猜测到此书的反常识见解。杂草是文明的一部分，它托举着、映衬着、装点着文明，这既具有隐喻正确性，也有字面正确性。人类对杂草的态度是矛盾的。梅比并不想为野草完全翻案，并非想置恶性杂草的基本危害于不顾而拼命讲它的好处。入侵杂草真的非常厉害，我们不能把黑的唱成白的。微甘菊已在广东沿海一带肆虐；紫茎泽兰早就侵入云南和贵州山地；加拿大一枝黄花生满上海崇明岛，也长到上海虹桥高铁站；齿裂大戟、豚草、三裂叶豚草、印加孔雀草、少花蒺藜草、刺果瓜、黄花刺茄已经大摇大摆挤进首都北京；鸡矢藤、木防己、香丝草、钻叶紫菀、黄顶菊最近还悄悄溜进了清华、北大校园。如果对这些不友善的举动无动于衷的话，简直就是无原则、鼓励"放纵"。与此同时，本土杂草的生存频频受到威胁，比如北京野地里生长的美丽草本植物睡菜、款冬在最近几年濒临灭绝，校园草地上的点地梅、葶苈、荔枝草、地黄不断被园林工人费劲地清除。

梅比的书有12章，差不多每一章都以一种植物命名，如贯叶泽兰、侧金盏花、宽叶车前、三色堇、牛蒡、柳兰等。每一章所述内容并非完全围绕标题，结构相对松散。就这一点而论它似乎不够简洁，但内容更丰富。梅比在几乎每一章中，都通过大量的举例反复传达一个观点：嘉禾/杂草、良木/恶树等划分是相对的、暂时的，与我们一时的看法、认定有关。学者讨论问题既要瞧细节也要看整体，对于较长的因果链条，要看到局部两段或多段间的因果勾连。我们一方面要高度重视眼下进入视野的现象，要追究一个阶段的原因，一方面也要探寻两段甚至三段原因。杂草的入侵之所以复杂，相当程度在于它涉及文明进程特别是现代化进程中因果链的多个环节。一个无法根除的历史事实是，我们今天所珍视的一切主粮植物和美味的蔬菜植物，都曾经是杂草！比如水稻、高粱、玉米、马铃薯、粟、山药、甘蔗、柠檬草（香茅）、甘蓝、菠菜、粽叶芦、韭菜、薄荷、藜、荠、水芹，它们来自野草，其中一些至今仍然野性十足。而一些恶性杂草在全球泛滥，恰好与我们所谓的文明推进同步。文明所至，杂草始生。

带有贬义的杂草，竟然是文明的伴生物？"天地不仁，以万物为刍狗。"本来各种植物在价值上没有分别，人以人的眼光，而且是近视的眼光来审视它们，才有了分别。一些植物被判定为有用，甚至价值连城，比如海南黄花梨（降香黄檀）；一些植物被判定为无用，对人有危害或影响庄稼生长，需要铲除或抑制。于是，哪里有文明哪里就有杂草，有什么样的文明就有什么样的杂草。"有害"杂草是无法消灭的，骂、割、砍、烧、挖等招法尽管使用，除草剂尽管喷洒，到头来杂草依旧，甚至越来越昌盛。其实，是我们所追求的东西培育了杂

草，导致其引入、变异、进化、传播。人类发动的战争，也会打破大自然的局部平衡，从而影响到杂草的枯荣、进退。文明与杂草协同演变，人类对杂草似乎永远是爱恨交加。其实，退一万步讲，杂草如病毒，不需要消灭（也灭不干净），只需要和平共处。

杂草为何有时那么猖獗？“是因为人类把其他野生植物全都铲除，使这种植物失去了可以互相制约、保持平衡的物种。”（中译本第14页）为了一时的经济利益或其他方面的某种好处，人类经常过分简化事物，低估大自然生态系统的复杂性，不顾及缓慢适应性法则。刻意选定优良植物，人为抑制不符合要求的其他植物，被视为天经地义，在第一回合的较量中也通常取得了效果。但是，大自然之平衡和稳定性被打破，生物多样性被快速改变，风险同时在增加；当事物演化到第二、第三阶段时，人工选择的结果可能令特定杂草反而强壮起来。谁来承受风险呢？往往不再是当初获利的“当事人”，而是依附于土地的弱势阶层。当年的发财者或许转移到另一块土地上，已开始上马新的项目了。

当然，许多情况下，私利表现得并不明显。有时当事人仅仅出于好奇，或者为了科学研究、为了公共利益，在操作过程中不经意地释放了可怕的杂草。一些杂草常以植物园、大学和研究院所为跳板，最终扩散开去，事后大家都装出一副很无辜的样子。比如邱园草（即牛膝菊）、牛津千里光、牛津草（即蔓柳穿鱼）、杜鹃花（对于英国）、葛（对于美国）、臭椿（对于美国）、火炬树（对于中国）、互花米草（对于中国），当初引进这些植物，动机与短期效果都无可厚非，但结局却出人意料。实际上，恶果不是不可以避免。古老的格言早就说了：人算不如天算，智慧出有大伪。可总有一部分自以为聪明的人，未经慎重考察与测试就不负责任地引进外来物种。以高科技的名义释放GMO（转基因生物）也一样，甚至可能更加危险。

为何葛与臭椿在中国一点都没事，到了美国就疯长起来了？水土异也，环境变了。它们在中国久了，相互制衡，彼此适应，不会有大起大落，但到了美国就不适应。不适应不一定意味着衰亡，而有可能是“飞黄腾达”、无拘无束地繁衍，即“过分适应”。那么好了，在美国待久一点不就适应了吗？完全正确。问题是，人能够忍受这一过程吗？人们谈论适应，必须有时间限制，即在多长时间内达成适应，抛开时间限制来论适应则没有意义。植物的人为迁徙也确实提醒人们，要防患于未然；若事情已经发生了，就要心平气和地接受现实，想出稳妥的应对办法。

杂草入侵后怎么办？在西方有各种“杂草法案”，问题意识一向很强的科学家更不会闲着，消灭、控制杂草的措施层出不穷。科学、科

学家从来不怕事，就怕没事。但有多少措施是管用的？一定要区分短期管用和长期管用，还要看有多大的副作用。

谁有先见之明？严格地说，谁都没有，或者谁都有一点。常识以为，科学家在预测上比较在行，其实在杂草问题上，并非总是这样。梅比引证大量材料，反而显示文学家、诗人比科学家更有先见之明，能提前“看到”大尺度事物演化的可能结局。这并非因为前者智商更高，只是由于后者更专业而自坠井底。

如果仅仅根据科技杂志上的最新成果来写一部关于杂草的科普著作，我想不会吸引太多读者。梅比没有那样做，他似乎更喜欢引用文学作品和绘画，他在乎莎士比亚、克莱尔、华兹华斯、杰弗里斯、温德姆、塞尔夫、丢勒。即使对于他不喜欢的拉斯金，他也大段引用，并找出对他的“反科学”观点有利的一点最新科技进展。

人类与杂草周旋颇久，时间跟人类的历史一样长。但不得不说，只是在所谓的“地理大发现”以后、西方文明横扫世界之后，杂草危害才变得突出。世界的西化告一段落后，新技术革命特别是转基因技术再次启动了杂草风险警报，而兜售转基因植物的孟山都公司以出售特制的除草剂而闻名。

20世纪60年代，美军向越南喷洒了1200万吨橙剂——一种高效的化学落叶剂，为的是让游击队无处藏身。橙剂给越南国土带来了深重的灾难，40多年过去了，相当多被喷洒的森林仍然没有恢复过来。那些地方特别适合丝茅等杂草生长，人工干预没什么效果，火烧反而加速了其疯长。人们尝试栽种柚木、菠萝和竹子，但都失败了。不过，最近丝茅又从亚洲潜入美国，让南方各州头痛不已，“不得不说这种复仇颇有些诗意”（中译本第15页）。

别忘了，孟山都就是当年橙剂的生产者、获利者。我在越南参观过一座博物馆，那里展示了大量橙剂受害者的照片，真是惨不忍睹。这个“猛散毒”的孟山都摇身一变，成了现代农业甚至生态农业的化身，真是够讽刺的！归纳推理不保“真值”，归纳法不完全靠谱，但我们不能由此得出“世人活该被同一骗子重复欺骗”的结论。

《杂草的故事》提醒人们以更宏大的时空视野、非人类中心论的视角看待植物。此过程即便不能提升我们的境界，也能弱化我们过分干预的冲动。“道法自然”，顺自然者长生。

刘华杰
北京大学哲学系教授，博物学文化倡导者

2020年2月2日
新冠病毒肆虐华夏大地之际

献给罗宾和蕾切尔

我捕捉着辽阔田野上的缤纷颜色，一块块不同颜色的作物，像一幅地图；古铜色的三叶草正盛放；晒成棕绿色的是熟透的干草；颜色略浅的小麦和大麦与放着耀眼光芒的黄色田芥菜混着；鲜红的玉米穗与蓝色的玉米棒如同落日晚霞，绚烂的颜色饱满地洒向整片土地；农田笼罩在这摄人心魄的美丽之下，不知如何是好。

——约翰·克莱尔，《悠闲》（1825年）

第一章

贯叶泽兰

——随处可见的平凡杂草

倘若有什么植物妨碍了我们的计划，或是扰乱了我们干净齐整的世界，人们就会给它们冠上杂草之名。可如果你本没什么宏伟大计或长远蓝图，它们就只是清新简单的绿影，一点也不面目可憎。我与杂草的缘分始于我和植物的第一次近距离接触，而这次相遇是我生命中一次意外的惊喜。

那时我只有二十五六岁，在外伦敦的一家出版社做编辑。每天我都要从位于奇尔特恩的家出发去城乡接合部上班，从伦敦周围沉静的乡村一路行至城市中略带荒凉的角落，我很喜欢这段充满矛盾之美的旅程。企鹅出版集团的教育部可不是什么充满浪漫气息的文艺沙龙，笼罩着这里的只有悬铃木投下的树影。成立教育部是为了开发一种新型的教科书，这样一个先锋部门连选址也不同寻常，一反传统地挑在了希思罗机场北面1英里（约合1.6千米）的地方。这里地处米德尔塞克斯郡的边缘地带，大片大片的荒地正慢慢被高科技产业占领。在我办公室的窗户下面，大联盟运河载着散落水面的漂浮物源源不断地向伦敦流去，河岸边是来自世界各地的外来植物。运河往西是交错混乱的采砾场和废弃的垃圾场，它们都古老得可以追溯到维多利亚时代，如今那片采砾场更已淹没在水下。拾荒者是那里的常客，他们到处翻捡的情景让人感觉他们似乎正站在某个第三世界的贫民窟外。向北则是错综混乱如迷宫一般的废车场和拖车停车场，德国牧羊犬是那里的统治者。总之这里到处是不知从何而来的垃圾，它们成堆成片地散布在整个区域。而最让我开心的是，这里长满了茂密的杂草。

那时我的工作主要是为辍学的学生编写一些有关时事和社会研究的书籍。当时最时兴的就是这种“联系时事”的读物。这些书籍（其实更像是杂志）中的内容是一些我们希望读者能够理解但也有一定政治难度的东西，目标读者群是那些长期颠沛流离的人。而每当我望向窗外那些绿意汹涌的杂草，就仿佛看见那样一个多变不定的世界正飞快地向我们走来。

这片杂草并没什么美丽可爱之处，完全不是英国田园诗中那种野花烂漫的景象，甚至与英式风格沾不上半点边。但它们充满了生机——不加雕琢的、无处不在的、光合作用下的勃勃生机。老旧的垃圾场里，茂密的毒参从碎石中钻出，茁壮地生长着。爬着小虫的喜马拉雅凤仙花散发出清洁剂的清香，几乎把脚下的废玻璃瓶遮得严严实实。来自中国的醉鱼草长得足有30英尺（约合9.1米）高，好几种植物都层层叠叠地被它笼在身下。虎杖来自日本；开着洋红色花朵的宽叶山黧豆则来自地中海；曼陀罗开出的鹅颈花朵精致美丽，不过它们分布得如此之广，以至于我们已无法确知其原产地。在这几种植物之

下，生长着更加不起眼的杂草，它们默默地装饰着铺满塑料和玻璃的土地。这里还有用来做苦艾酒的艾草，还有三种茄科植物；款冬的叶子是马蹄形的，刺缘毛连菜的叶子则布满斑点，就像刚被工业用酸喷过一样。孜然芹、张牙舞爪的葫芦和起绒草在这里长成一片——这幅景象除了在这种废弃之地可能出现，在英国别处是绝对见不到的。这些杂草营造出了一种梦幻的气氛，仿佛“废墟”这个词成了一句咒语，轻轻一念便把不可能变成可能。

午休时我常在这片荒草丛生的世外桃源中散步，一边为杂草的繁茂昌盛而惊叹，一边带点天真烂漫地感到它们这种从废墟中重生的力量与我们为之努力的工作是多么契合。这些植物就像我们并肩作战的战友，而在这里它们战胜了工业时代的废墟。

这段经历是我与植物世界结缘的起点，也永久地影响了我对那些常被蔑称为“杂草”的植物的态度。我更喜欢从另一个角度看待它们，看看我们能从它们蓬勃的生机中得到什么正面的启示。不过我承认，我这种60多岁的老头对追寻米德尔塞克斯郡奇观的热切劲儿是有点古怪，甚至可能有点不负责任。毕竟按大部分标准而言，它们都是最糟糕的那类杂草。它们中有许多是逃逸到野外的物种，有许多是入侵物种。它们从管理严格的园林和医药公司农场中叛逃，然后四处作恶。有几种杂草极具毒性。至少有两个品种后来表现出了很强的入侵性，以致政府将它们列入了黑名单，写明“在野外种植或导致其在野外生长”是违法行为。但对于杂草而言，环境决定着一切。无论什么植物长在如此残破不堪的地方都会变成杂草。它们被生长环境背负的罪名连累，长在哪里就被认为与那个地方是“一路货色”。那些从垃圾堆中萌芽的植物，自己也变成了某种垃圾。植物垃圾。

实际上，杂草的名声以及随之而来的命运是基于人类的主观判断的，妖魔化它们还是接受它们完全取决于我们，但鉴于杂草对环境的种种影响，这一点并不总那么显而易见。自从《创世记》将“荆棘和蒺藜”作为人类在伊甸园中犯错后的长期惩罚，杂草们似乎就背上了许多超出自身本质的东西，人们常常忘了它们就像细菌一样，只是随处可见和不言而喻的普通生物，而非什么文化符号。数千年来它们与农作物争夺资源，奋力反击。中世纪时它们引起过大规模中毒事件，还因此被冠以恶名，暗示它们是魔鬼的幼苗。如今，尽管每年为了对付它们而喷洒的农药比防治虫害的多得多，它们依旧能让粮食减产10%—20%。

而它们造成的问题也日益严重。由于全球贸易的发展，一类全新的杂草正向全世界散播。独脚金是一种美丽的寄生植物，在原产地肯尼亚，它的花朵被用来铺撒在迎接贵客的道路上。1956年它来到了美国东部，在这里它使成千上万英亩的农田颗粒无收。作为一种林地花园的观赏性灌木，虎杖在维多利亚时代被引入英国。在之后的一个多世纪中，我们只顾着欣赏它精致的花柱和雅致的枝叶，直到现在才发现它是英国最危险的入侵植物。如今想要把伦敦东区奥运会场馆区域的虎杖清理干净，据估算所需的资金为7000万英镑。在这些植物从美景变成杂草的过程中，它们自身没有任何改变，改变的只是所处的地点。

仅从上面的两个例子中，我们就能清楚地看到所谓“杂草”的矛盾性和多变性。一个地方的观赏性植物到了另一个地方就成了可怕的入侵物种。几个世纪前还是粮食或药物的植物，现在却可能从云端跌入谷底，变成森林中的不速之客。而把杂草改造为食物、孩子的玩具或文化符号也并不困难。藜就是一种经历了所有这些文化变迁的植物。这种植物最初长在海岸边，后来成了新石器时代农夫常用的堆肥原料，之后因为它的种子油分很足，尽管并不是理想的作物，人们还是选择它进行了种植。再后来，由于人们口味的转变，它成了遭人厌嫌的有害植物，因为它会妨害甜菜等作物的生长（有讽刺意味的是，藜与甜菜同属于藜科），直到成为现代饲料之后它才又挽回了一点地位。

当然，一切都取决于你对杂草的定义是什么。这定义，就是杂草背后的文化故事。我们如何、为何将何处的植物定性为不受欢迎的杂草，正是我们不断探寻如何界定自然与文化、野生与驯养的过程的一部分。而这些界限的聪明与宽容程度，将决定这个星球上大部分绿色植物的角色。

在杂草的定义中，最为人所熟知也是最简单的一种当属“出现在错误地点的植物”，也就是说杂草长在了你本希望长出其他植物或者根本不希望长出植物的地方。这个定义还算贴切，也能解释一些事情。比如英国蓝铃花本属于森林，可一旦到了花园里，它们往往会疯狂地长满整个园子，变成招人烦的杂草；而来自地中海地区的西班牙蓝铃花一旦从花园逃逸，就会变成可怕的入侵者，进入当地的树林，威胁到本土“真正”的蓝铃花。但这些例子中的“适宜”与否有许多微妙之处，并不是简单的一个生物归属地就可以解释的。花园是私人领地，蓝铃花入侵时人们会感觉自己那份私密仿佛也被入侵；同样，入

侵到英国的西班牙蓝铃花可能会激起你的民族主义情怀，甚至激发出一种审美上的爱国主义：看哪，土生土长的蓝铃花多么柔软，它们弯曲的花茎充满凯尔特风情，与不列颠的树林如此协调，哪像西班牙的花朵那样唐突粗糙，花茎弯得也不像样子。

可是这个定义是十分粗糙的，并且会引出什么才是“正确地点”的问题。以梣树为例，对它们而言这世界上最正确的地点莫过于它们生活的温带树林了。可一旦梣树与其他更具有经济价值的树木长在一起，再加上它们蓬勃的生命力可能会影响护林人的收成，护林人就会管它们叫作“杂树”。在这个例子中，客观意义上的“正确地点”让位于“领地”——一个更加私人化、更具有文化意义的空间。

杂草的判定标准也可能随时间发生戏剧性的变化。一名澳大利亚维多利亚州的早期移民就还清楚地记得，一种与他们一起来澳大利亚的苏格兰植物，是如何从故国情怀的纪念品变成非法入侵者的：“有一天我们看见一株大翅蓟长在一根圆木旁边，离马厩不远——很明显是有种子从马饲料中漏出来，在这里生根发芽了……我们把它用报纸小心翼翼地包起来，并用石头压住。没几天工夫，这株小草就长得十分漂亮，我们四处向人炫耀，自豪得不行。可当时谁也没想到，20多年以后，这种来自苏格兰的蓟草会遍布整片大陆，而且这种草成了有害物种，一些郡县和地区甚至需要设立特殊法案，强制性地从私人空间中拔除它们。”

还有一些杂草的定义，则着重表达了杂草在文化上的其他不适宜性或不利性。拉尔夫·沃尔多·爱默生[1]倾向于从可用性的角度出发，将杂草简单地定义为“优点还未被发现的植物”。这个定义给得既慷慨又友善，暗示即便是已被定罪的植物也还有翻身的可能。但就像藜的故事告诉我们的那样，有没有优点全在于当时的人们如何看待。有许多植物曾一度被认为是有用有益的，可一旦这些益处过时了，或是人们发现享受这些益处需要付出不小的代价，它们便会立即失宠。罗马人把宽叶羊角芹引入英国，本是冲着它既有缓解痛风的药效，又可当作食物。但2000年转眼过去，经过几场医学革命的洗礼，这种植物再无药用价值，却变成了英国花圃中最顽固难除、惹人厌恶的杂草。

杂草另一个不受欢迎和饱受诟病的特征是毒性。美国最臭名昭著的杂草是毒漆藤，尽管它造成的经济损失远不是杂草中最多的，但它的形象已经随着杰瑞·莱贝尔和迈克·斯托勒[2]制作的歌曲而深入人心。这对搭档曾制作过几首以杂草为主题的摇滚歌曲，如托尼·乔·怀特[3]原唱、猫王多次翻唱的《做野菜沙拉的安妮》。在关于毒漆藤的那首歌中，毒漆藤被比作一个惯耍心机的女人，她会“深入你的皮肤”，然后“你会需要一片海洋/炉甘石洗剂的海洋”。实际上，炉甘石

洗剂对缓解皮肤接触毒漆藤后的症状没什么用处。不管你跟这种植物的接触多么短暂，接触的地方都会立刻变红。只要一片破损的叶子轻轻扫过你的皮肤，噩梦般的体验就会随之而来。皮肤会红肿、起水疱，并且无法控制地发痒。如果你对这种毒素敏感（通常来说胖人比瘦人更容易敏感），你的发热和水肿可以持续好几天。你不需要跟毒漆藤直接接触，一次握手，一条毛巾，甚至只是不小心摸到刚从树林里回来的人所穿的鞋，就足以让你染上“漆酚接触性皮炎”。即使你足不出户，只要窗外的篝火里有几片毒漆藤的叶子，飘过来的轻烟也足以让你染上这种皮炎。

与毒漆藤一比，异株荨麻的威力只能算是蚊子叮咬的级别；而颠茄倘若要发挥毒性，需要中毒者直接食用植物，目前对颠茄毒素感兴趣的基本只有研究它的科学家了。可是颠茄的果实不但乌黑诱人，还有致命剧毒，这使它难以见容于诸多郊野公园和国家信托基金会管辖的产业，业主们生怕没将它们清理干净而惹来游客投诉。出生于英国萨福克郡的杰出植物学家弗朗西斯·辛普森[4]就曾担心，这样粗暴统一的处理方式会威胁到老费利克斯托一个少见的颠茄品种——与普通颠茄的深紫色花不同，这里开出的颠茄花是让人心醉的淡紫色。辛普森说：“这些植物和它们的果实面临着一种危险，即有一天被一群过分热心的人找到，然后毁于他们之手——这样的毁坏经常发生在颠茄身上。如果有机会，我一定要去老费利克斯托把它们的果实摘回来，保护它们，帮它们延续下去。”

如果说因为知道某种植物能够杀死我们而对其产生负面印象是可以理解的，另一种厌恶情绪可就算不上理性了。有些植物被贬为杂草，只是因为我们在道德层面不赞许它们的行为。寄生就是个十分昭著的恶名，寄生者从其他植物那里夺取营养，罔顾寄主的安危。常春藤更是冤枉，明明不是寄生植物却被人诬为寄生植物。它们依附在树上单纯是为了获取支撑，并未从树木身上拿走半点营养。常春藤若是长得过于茂盛，它们的重量确实可能给树木造成伤害，但这个平淡的事实哪有树汁吸食者、植物吸血鬼来得更有话题，更适合做妖魔化的基础呢。

哪怕仅仅是外形丑陋或姿态不美，也可能会被当作弱点或道德层面的缺陷。我记得那些矮小、羞涩、瘦弱的孩子在学校里被叫作“杂草”的场景；而把像繁缕和猪殃殃这样矮小、孱弱、匍匐在地面的植物归为杂草，简直就像在欺负它们的弱小，这进一步说明了杂草的定义是多么弹性十足又自相矛盾。约翰·拉斯金[5]在为花朵寻求审美标准和道德标准的路上走得很远。他认为，有些植物是“半成品”——以夏枯草为例，它能在没喷农药的草坪上迅速蔓延，用自己紫色的花朵和

苞片给青草镀上一层紫铜般的色泽，而这正是无数草坪爱好者憎恶它的理由。“它的花瓣特征很不正常，”被视为维多利亚时代审美趣味代言人的拉斯金这样写道，“哪有植物会在花朵中央长出成簇的刚毛，哪有植物的花瓣呈现如利齿鱼下颌般的参差边缘，哪有植物看上去像是动物喉咙里生病的腺体。”拉斯金难掩的厌恶，与人类常在植物中区分阳春白雪和下里巴人的行为如出一辙。19世纪的园艺作家J. C.劳登[6]就曾邀请他的读者们“将植物与人两相比较，把土著品种（即野生植物）与原始人对应，把园艺品种（即人工培育的植物）与文明人对应”。

即便是“野生”这个特点本身，倘若出现在不正确的时间、不正确的场合，也会被认为是有失体面的出身。臭嚏根草（这个名字会给人先入为主的不良印象）遍布整个欧洲的白垩土质森林，它们那一簇簇柠檬绿色的花朵轻轻地垂着，每朵花的边缘都有一道细细的红色镶边。每年2月它们就早早地开了花，在灰暗的冬天里自顾自地闪光，像暗夜里的星辰。它们如今理所应当地成了园艺界的宠儿，可有谁知道，1975年，当杰出的植物栽培者贝丝·查托[7]女士在英国皇家园艺学会的展览上第一次展出它时，她差点被取消参展资格——因为她带来的臭嚏根草来自野外，所以它被划分为杂草。

不过，英国皇家园艺学会的傲慢比起休斯敦极端严苛的法令，就小巫见大巫了。太空城休斯敦的地方法规中明确规定“任何房地产所辖土地内，倘若覆盖或部分覆盖有杂草、灌木丛、垃圾和其他任何会令人不悦、有损市容、有碍卫生之物”乃是违法行为。在这一大段枯燥的法令中，杂草被定义为“任何高度超过9英寸（约合23厘米）的非人工种植的植物”——若按这个标准，美国三分之二的本土植物到了休斯敦都会变成违法植物。美国农业部在制定植物黑名单时，也是费了不少工夫才找到较为适用的统一标准，但农业部也承认“我们国家的植物中有一半以上都是不受部分人欢迎的品种”。

如果按照这种标准，我们每个人都能列出一个自己的杂草名单。我的名单会包括油菜和桂樱。只要被自己不喜欢的植物侵扰，就有权利成为正义的一方，对它们横加评判和指责——在这种思维方式下，恐怕没有哪种植物能逃脱变成杂草的命运。我曾与已故的著名月季种植家汉弗莱·布鲁克一起拍摄过一部短片，他在萨福克郡有一片瑰丽无比的花园，里面种植着约900种不同的原生种月季和古典月季。他从来不修剪这些心爱的花丛，也很少为它们除草。一位法国记者这样评价他的花园：“与其说是月季花园，倒不如说是月季丛林。”可他的花儿都生得那样好，他园子里的“莫梅森的纪念品”[8]——源自约瑟芬皇后月季园的品种——茂盛浓密，即便是深冬的寒气也无法阻挡它们绽

放出飘着檀香香气的、层层叠叠的乳白色花朵，而每到这时，汉弗莱总会采下一束送给伊丽莎白王太后，以装点她的圣诞节早餐桌。短片的拍摄结束后，我们把当时已经70岁的汉弗莱带到了一家当地的酒吧，他在酒吧里喝到微醺，然后因为举止不端被人丢了出来。从酒吧回去的路上，我们经过了一座郊区花园，花园主人挑了一些荧光红和荧光橙色的现代月季种在其中。汉弗莱看见此景，晃晃悠悠地停了下来，盯着那片月季，那眼神仿佛是看见一个卖废品的人把一块合成木板粘在了一张奇彭代尔式的木桌上，然后他冲着那个倒霉的种花人大喊："你们这些不懂花的蠢货！"

杂草不仅指那些出现在错误地点的植物，还包括那些误入错误文化的植物。

所有这些杂草的定义都是从人类的角度出发的。它们是妨碍了人类的植物。它们抢夺农作物的营养，破坏园艺设计师精心的布置，不按我们的行为准则生存，还给游手好闲之人提供了讨厌又坚实的藏身之处。但它们是否可能有一个植物学的，或者至少是生态学上的定义？我的意思并不是说杂草们可能具有生物学上的亲缘关系，事实上被叫作杂草的植物遍布每一个植物类群，从简单的藻类到雨林的大树。但它们至少有一个行为特征上的共同点：哪里有人类，它们就在哪里欣欣向荣。它们并不是寄生虫，因为即便没有了人类它们一样可以生存，但我们就像它们的绝佳拍档，只要有我们在侧，它们就能发挥出最好水平。我们砍伐森林，我们刨地挖土，我们耕种，我们丢弃富含营养成分的垃圾——无论我们对脚下的土地做什么，它们总会跑来添情增趣。它们从耕地里冒头，它们在战场边发芽，它们点缀在停车场里，它们不识趣地挤进绿草带。它们利用着我们的运输系统、我们对烹饪美食的热情、我们对包装分类的痴迷。最重要的是，它们利用了我们搅乱世界、打破所有常规的时机。假如我告诉你，如今世界上杂草生长最繁盛的地方正是那些除草最卖力的地方，你可能会觉得这是句废话；但这句废话应该引起我们的思考，除草是不是令杂草越除越多？

作为人类的老朋友和追随者，杂草与人类比邻而居的画面十分中性，并无太多恶意侵扰的色彩。不仅如此，它们实际上发挥着许多积极的作用。我们与许多杂草都保持着共生的关系，这意味着人类从中获得的益处一点也不比植物少。杂草寻常易得，熟悉好认，无论家里有什么需求，它们永远是手边最便利的选择。杂草是最早的蔬菜，是最古老的药材，是最先使用的染料。在如何让杂草物尽其用这一点

上，人类的才智发挥得淋漓尽致。木贼是一种长在排水不畅的土地上的顽强杂草，它的叶子上生有许多小小的硅粒，因此这种植物十分粗糙，并曾经被用来打磨镴制器皿和箭杆。灯芯草本是喜欢紧实性好的土壤的入侵者，可人类却把它的草芯泡在油脂里制成了烛芯。

许多被我们称为杂草的植物都有着很高的文化价值。雏菊在英国有35种以上的别名；虞美人这种英国本土的野花，象征着我们对第一次世界大战、第二次世界大战中死去士兵的怀念。孩子们尤其容易注意到身边的杂草，大人眼中的坏名声和惹人厌的品质，却可能颇得孩子的欢心。他们把鼠大麦的种子挂在头发上，拿车前草当手枪更是他们玩熟了的游戏；不仅如此，天性好奇的他们还总能迅速发现新来的物种。喜马拉雅凤仙花的种荚爆炸力强劲，这使得它的种子能够弹出很远，而这也正是它作为外来物种能够传播得如此广泛的原因，如今它因此成了一种竞赛的主角，孩子们争相挤爆它的种荚，比谁的种子飞得更远（这一竞赛目前的最高纪录为12码，约合11米，纪录保持者来自英国湖区）。J. K.罗琳[9]明白孩子们对奇异植物的迷恋，所以霍格沃茨魔法学校里有一大堆怪异诡秘且让人讨厌的杂草。巴波块茎是一种黏稠的、黑色的、像鼻涕虫一般的植物，它能够蠕动，且周身长满满是脓液的肿块，皮肤一旦碰到就会长出疖子。魔鬼网是一种可怕的藤蔓植物，无论哪个倒霉蛋靠近它，都会立刻被它的枝蔓卷住。有趣的是，可以解除魔鬼网威胁的是一句与蓝铃花有关的咒语，而蓝铃花正是一种“好”植物，而非杂草。

杂草还有其他的好处。民间故事里常有一些关于它们的模糊描写，如农民们会在两茬粮食之间把杂草堆成肥料，把它们从土壤里掠夺的营养又还回土壤中去。我已故的朋友罗杰·迪金[10]有一畦菜地，每当除草不利时，他总为自己找借口说“杂草能帮菜根保持水分”。杂草总让我们头疼，但它们的存在也许有生态学上的意义。它们在这星球上的生存时间之久、境遇之成功，表明从进化的角度来说它们是高度适应地球环境的，它们为自己争得了一席之地。当然，它们的这种成功并无什么目的性，即便有，它们的目的也不太可能是专门来破坏我们的宏伟大计。跟所有其他生物一样，它们只是为了生存而生存。但我们倘若审视一下长久以来人类与杂草爱恨交织的历史，思忖杂草在整个生态格局中的角色，可能会得到新的启发。即便只是粗略地一瞥，我们也会注意到，杂草好像更善于在荒芜的土地上扎根，在破败的景致间生长，而它们所带来的坏处也许远少于人类归罪于它们的坏处。

可是到了21世纪，植物中出现了更可怕的种类，它们侵略的野性爆发得更加彻底，它们的恶名不再只是个人好恶或文化差异所致，这些植物中的恶霸能够侵害整个生态系统、破坏农作物、毁掉园林景色。这种超级杂草是科幻小说最爱的反派之一。比如某种外星植物的种子落到了地球上，几个小时之内就疯狂繁衍，迅速覆盖了整个地球，甚至还能跟人类进行杂交。再如某种转基因作物把自己抗除草剂和抗病的基因传播到了野生燕麦身上，于是一个终极植物怪兽由此诞生，而颇具讽刺意味的是，这样的怪物完美契合了以人类为中心的杂草定义：由人类一手创造的猖獗的植物。

在现实世界中，这样的超级杂草已然存在，只不过它们并非外星人入侵的结果，而是由人类对自然世界肆无忌惮的破坏所造成的。有时候，一种植物成为杂草，继而成为纵横多国的凶猛杂草，是因为人类把其他野生植物全都铲除，使这种植物失去了可以互相制约、保持平衡的物种。1964年至1971年，美国向越南喷洒了多达1200万吨的橙剂。臭名昭著的橙剂是一种混合物，组成成分包括苯氧乙酸类除草剂、二噁英和松节油，被用作落叶剂。美军使用橙剂是为了让整片雨林树叶尽落，从而使越共的部队无处藏身。这一行为可害苦了大量越南百姓，并且已经被《日内瓦公约》所禁止。但这个禁令对这片越南雨林而言已经太迟了，40多年过去了，这片森林依旧没能从当年的破坏中恢复过来。当年生长着茂密雨林的地方，如今只有一种叫作丝茅的坚韧草类。丝茅是东南亚森林地表植被的组成物种之一。每当树木落叶，丝茅便会旺盛地生长一小段时间，可一旦树荫重新遮住阳光，丝茅就会默默地退去。所以，当越南的森林因为橙剂而永久性落叶后，丝茅便疯狂地长满了整片林地。人们一次又一次地焚烧丝茅，却似乎只是一次又一次地助长了它们的长势。人们尝试在这片土地上种植柚木、菠萝甚至是强大的竹子以遏制丝茅，却一次次地失败了。于是丝茅不出所料地被当地人称为“美国杂草”。最近丝茅躲在美国从亚洲进口的室内盆栽的包装里潜入了美国，如今正在美国南部各州肆虐，不得不说这种复仇颇有些诗意。

另有一些可怕的杂草则纯粹是人类的短视所致。有箴言说杂草只是长在了错误地点的植物，如今这话又有了新的诠释。人类移栽了许多物种——尤其是可以用来装饰花园或当作粮食的植物——就是为了让它们在新环境中能够所向披靡。它们常常被迁移到距离原生环境几千千米的地方，从而避开啮咬植物的害虫和原产地的病害，但也脱离了这些因素的制约。这些都市入侵者多来自土壤肥沃的亚热带，其破坏力更不可与寻常杂草同日而语。澳大利亚是受害最为严重的地区，

超过2500种外来物种对当地的野生生物造成了巨大伤害。从全球范围来看，这一类“外来入侵者”所造成的危害，使它们成为继气候变化和栖息地减少之后第三大威胁生物多样性的因素。

某种植物即便本性温和，一旦到了新环境里也可能性情大变。千屈菜是英国最美丽的花卉之一。约翰·艾弗莱特·米莱斯[11]在画作《奥菲莉娅》中描绘了奥菲莉娅溺死的场景，河岸上那一束束洋红色的花枝正是千屈菜。这种花优雅含蓄，喜欢长在溪边或沼泽地，很少走远。它的英文名直译自拉丁文*Lysimachia*，意为“冲突的拯救者”，而古罗马作家、博物学家老普林尼认为千屈菜对平静和谐有强大的促进作用，“如果把它放在易怒公牛的牛轭上，便可平息怒气”。但这种花于19世纪初来到了新大陆——它很可能就藏身在某块从欧洲湿地挖出来的压舱石下，搭了一趟顺风船——无论如何，它的到来注定会在当地引起强烈的反应。压舱石被丢弃在了海岸边，于是千屈菜就在这里生根发芽。这里不是英国，地上地下都没有讨厌的虫子啮咬它、牵制它，于是它如同雄心勃勃的开拓者一般一路向西。站稳脚跟后它又开始沿河道而上，把河岸两边覆盖得严严实实，绵延数英里，逼得本地物种几乎要在当地灭绝。哈德孙河湿地变成了一片密密实实的紫色丛林，连麝鼠也钻不进去。到了2001年，千屈菜甚至蔓延到了生态脆弱的阿拉斯加沼泽。

不过好在千屈菜只能在湿地环境中肆虐，这或多或少是种安慰。植物迁移的规模如此之大，种类如此之多，极端强大的有害植物——能四处蔓延、生长迅速、绿叶蔽天、常年不凋、无孔不入、能适应各种气候的恶魔之草——竟还没出现在现实生活中，并横扫从亚马孙巴西坚果果园到赫布里底群岛[12]土豆田的各种植被，也真够让人惊讶了。这种植物之所以还没有出现——也不太可能会出现——的原因在于一个与植物有关的重要事实，而这个事实也将帮助我们找到一个能暂时缓解杂草问题的方法。

“出现在错误的地点”是当今世界一个十分寻常的问题。各种各样的事物从一种文化进入另一种文化，这让双方都不知所措，但有时也会带来新的契机。杂草就是这庞大的外来大军中的一员，所到之处，它们总是不受欢迎。倘若简单地把我们对外来植物的态度与我们对外来人口的态度相对比，或是轻佻地认为人们对入侵植物合理的担心乃是某种植物版的仇外，都是不对的。杂草带来的问题是确有其事、客观存在的，而我们给予它们的反应和处理方式也往往是理性的。不过，我们在文化层面对外来者的回应却都十分相似。杂草的典型形象

是不被信任的入侵者。它们抢走了本属于本土植物的空间和资源。它们的粗鄙使它们成为植物中的底层公民。它们那往往来自异邦的出身和几乎总是异端的行径，都在不停挑战着我们忍耐的限度。我们有没有对它们多一些忍耐并尝试着接受它们，或者努力阻止它们离开原生环境、入侵我们精心雕琢的小天地？这熟悉的多元文化的难题，竟在杂草生态学中也得到了重现。

人们最担心的是意外融合所带来的后果。杂草在全球范围内取得的优势可能会令全世界的物种趋向于单一，有特色的物种和当地的物种会被侵略性强且在任何环境都能生长的物种驱逐出去，后者被政治学家斯蒂芬·迈耶[13]称为“适应性强的多面手”。“总会有足够多的生物不断地覆盖着这个星球，”他在他的著作《荒野的终结》中写道，“但覆盖着的生物却不再相同：它们的多样性越来越小，来自异乡的物种越来越少，越来越没有新意，越来越难让人感受到我们灵魂深处对大自然的敬畏和赞叹。生态系统会围绕人类形成，大自然中缤纷让位于单调，瑰丽让位于苍白，喧闹让位于死寂。”

这一切已经发生。早在20世纪初，许多常见的杂草已是遍布四海。例如蕨菜、繁缕、萹蓄、小酸模、异株荨麻和旋花，这些本是英国的土著品种，如今足迹也遍布五大洲。无论是欧洲、北美洲还是澳大利亚，城市里最常见的杂草品种都是一样的。实际上传播最广的杂草都来自欧洲，这是当年的殖民统治所遗留下的颇具讽刺意味的副作用。不过，如今的世界贸易为所有潜在的杂草都提供了同样理想的机会。于1977年汇编的“世界上危害最大的杂草”前十八位名单中，只有三种欧洲植物——藜、田旋花和野燕麦。剩下的大部分是来自热带的凶猛杂草，包括排名第七的丝茅和排名第一的香附，而香附更是被公认为“世界上危害最大的杂草”。

杂草肆虐之下，几乎没有地方幸免于难。法国洛特的勒弗村一向以忠于法国传统文化为自我定位。这里的房子以当地石板为盖，以栗树的木材为框架。周围的树木都是循古法种植保养的当地树种。但在2008年，我走在勒弗村的羊肠小道上时，犹如身处国际植物园中。墙上和路边是已经适应当地环境的小花凤仙花（来自俄罗斯）、橙色凤仙花（来自北美洲）、喜马拉雅凤仙花（来自喜马拉雅山脉）、倒挂金钟（来自智利）、醉鱼草（来自中国）、小蓬草（来自北美洲）、苏门白酒草（不是来自苏门答腊，而是南美洲）和雄黄兰（原产于南美洲，后由一个法国人培育）。美国诗人加里·斯奈德在攀登美国西部的一座名山——塔马尔派斯山时，便与入侵植物来了个亲密接触：“我们正走在被泥土掩了一半的防火道上，想要穿过草场。东边峡谷无风处是一片密林。加利福尼亚州本土植物协会的志愿者站在路

边，穿着塔马尔派斯山保育俱乐部的T恤，正在拔除植物根茎。我问他们在拔什么，他们答道：‘贯叶泽兰，一种从墨西哥传过来的入侵物种。’”贯叶泽兰是紫菀属植物的亲戚，得名的原因是它们的茎看起来像是从叶子中贯穿而过。但它的名字亦可直译为“到处都有的草”[14]，望之如同现代杂草无处不在的象征，而现代杂草也确实完完全全地渗入了我们的世界。

不过，我们也不应以偏概全，拿最具侵略性的杂草的特性来评判所有杂草。杂草——即便是最凶猛的入侵物种——也给我们带来了一些好处。它们为废宅弃院装点绿意。它们顶替那些被人类逼至濒危的脆弱植物，顽强地生长着。它们愿意在最恶劣的环境中扎根——无论是经历炮火的城市，还是墙壁上的一道裂痕——为那些被夺去生机的地方细腻无声地注入自然的气息。从这个角度来看，它们是充满矛盾的。它们追随人类的足迹，倚赖人类才能生存，但却固执地不肯按人类的规则出牌，离经叛道——而这，也正是“野性”的真谛。

杰拉尔德·曼利·霍普金斯[15]在他著名的双行体诗中赞美了这种与生俱来的独立性：“让野性与潮湿留下/愿杂草与野性长存。”（尽管他看到的所谓杂草只是各种常见植物。）这种独立性也是我将在本书中探讨的内容之一。杂草的文化史是一个尚未解开的悖论，对此，另外一位诗人约翰·克莱尔[16]描述得十分精准。“我捕捉着辽阔田野上的缤纷颜色，”他写道，此刻的他正“狂喜”地盯着北安普敦郡的麦田，他是这里的一名除草工，“一块块不同颜色的作物，像一幅地图；古铜色的三叶草正盛放；晒成棕绿色的是熟透的干草；颜色略浅的小麦和大麦与放着耀眼光芒的黄色田芥菜混着；鲜红的玉米穗与蓝色的玉米棒如同落日晚霞，绚烂的颜色饱满地洒向整片土地；农田笼罩在这摄人心魄的美丽之下，不知如何是好。”如果我们想要作为一个物种生存下去，处理让我们“不知如何是好”的杂草，我们别无选择。但我们也无法忽视它们的美、它们的丰茂，更无法忽视一个事实——它们正是我们生存所必需的大部分植物的原型。被人类忽视的最重要的一点是，许多杂草也许正努力维护着这个星球上饱受创伤的地方，不让它们分崩离析。

这本书在某种程度上是一种辩解，建议我们应该更冷静地看待这些桀骜不驯的植物，去了解它们是什么，它们如何生长，以及我们讨厌它们的原因。从另一个角度来说，这也是一个关于人类的故事。植物之所以成为杂草，是因为人类赋予了它们这个标签。一万多年以来，农民、诗人、园丁、科学家和道德家都在努力解决杂草所带来的

问题和它们所呈现的矛盾。这是一个不断上演着的宏大的冒险故事，而在这本书里我揭开的只是冰山一角，我主要是通过回顾杂草文化史上的关键性时刻来讲述我的故事，在这些时刻，某些杂草带来的特别的麻烦与某些人特别的执着不期而遇。我们把“杂草”这样一个顺手好用又简单粗暴的标签贴给了这么多植物，背后有什么更深层次的原因？这如何反映我们对“大自然是一个独立王国”这一概念的态度？在这本书中，我都尝试着做了探讨。在人类现代自然观的形成过程中，农耕的发展可能是最重要的事件。从这个角度来看，自然世界可以被分为两个完全不同的阵营：一边是为了人类的利益而被驯化、掌控和繁殖的生物；一边是“野生”生物，它们依旧住在自己的领地，过着或多或少都可算是随心所欲的生活。这个简单干脆的二分法在杂草出现时崩塌了。野性闯入我们的文明，而原本被驯服的物种叛离出逃、四处闯祸。杂草生动地展现了自然界的生命——以及演化的过程——是如何抗拒为人类文化概念所束缚的。就这样，它们让我们近距离地看到了造物的两面性是多么奇妙。

第二章

侧金盏花

——比人类更古老的杂草

1945年5月1日，距离第二次世界大战欧洲胜利日仅有一周了，这个胜利日标志着这场有史以来最狂暴混乱的战争彻底结束。5月1日这天，邱园（英国皇家植物园）的园长在伦敦的轰炸遗址上，在一片异常茂盛的杂草丛边发表了一场演说。就在前一天，美国军队刚刚解放了达豪集中营，可《泰晤士报》——也许是敏锐地觉察到了这场演说的不同寻常，又或者因为什么其他深层次的寓意——将这场演说的新闻安排在他们当天的头版头条。爱德华·索尔兹伯里[17]教授站在萨沃伊教堂的废墟中（“这座教堂在战争中被击中4次，损坏11次”），告诉大家一个全新的生态系统已经在这座城市的伤口上建立起来了。这个故事里不但有战争的气息，还有这些从小听熟了名字的植物在旧街巷里涅槃重生所带来的怀旧气息，在雾都，大自然与人类之间的联系显得如此紧密。皮卡迪利街圣詹姆斯教堂的中殿被轰炸后，辅助消防队喷水救火，这一片原本潮湿灰暗的废墟上此时长满了蕨菜，让人眼前一亮。牛津千里光（*Senecio squalidus*，18世纪从埃特纳火山传入英国的一种植物）亮丽的黄色花朵给伦敦城墙上的碎石涂上了一抹明艳。齐普赛街上因轰炸破坏而重见天日的地下室里，曼陀罗也蓬勃地长了出来——要知道曼陀罗可是古代药剂师眼中的万能药，也许4个世纪以前，就在这些地下室里，失眠者和牙痛患者就正要买它回去治病。牛膝菊（原产秘鲁）的英文名叫作Gallant-soldier（直译为“英勇的士兵”），对于刚结束一场世界大战的城市而言这名字十分应景，而这些小草也英勇地长满了八分之一的轰炸遗址。柳兰则把自己紫色的花潮铺向了几乎所有的轰炸遗址，怪不得伦敦人已经把柳兰命名为了“炸弹草”。这里除了这些美丽的花朵，还有一些貌不惊人却为人们所熟悉的植物：匍枝毛茛、繁缕、异株荨麻、酸模、欧洲千里光、车前草、萹蓄，还有《创世记》中提到的“荆棘和蒺藜”。索尔兹伯里教授一共记录了126种。这是一场杂草风暴，也是对还未认识到这一点的人的提醒：那片轻掩在野性自然之上的文明是多么单薄。

不过伦敦人对于已经受伤的故乡又受杂草的侵犯到底做何感想，却鲜有记录。他们认为这是一种愈合的过程，标志着生命在逆境中强大的恢复力，还是觉得这种入侵无疑是在脆弱城市的伤口上撒盐？说到底，这并非是英伦野蔷薇在混乱中开拓、崛起并达到顶峰的盛世景象，而是机会主义者、植物世界中的乌合之众揭竿而起的暴乱。也许就像杂草长久以来具有两面性，伦敦人的感受也是两者兼有。教授解释说，出现这种植物大爆发，是因为从杂草的角度来看伦敦大轰炸就像是一次大规模的松土，但我怀疑人们听了这个解释心里也并不会有多少欣慰。如果有些人认为这满地焦土之上茂密的杂草全是拜德国人所赐，那么应该提醒他们，土壤里杂草的种子其实是来自他们自己的

花园。

或者，真的来自他们自己的花园吗？园艺写作中经常重复的一句话就是，杂草完全是人类行为的产物——这并非是单纯的概念，而是说人类实实在在地创造了杂草，就好像它们巧妙地避开了演化过程，直接、完美、强大地从土豆田里长出来了。“没有我们它们活不下去，”大部分时候还算睿智的植物学作家迈克尔·波伦[18]坚持道，“没有人类来创造农田、草地和空地，大部分杂草都会很快消亡。田旋花在田地和花园里看起来凶猛无比，可在别的地方根本没法生长。”不过田旋花当然能在别的地方生长，而且必须具备这种能力。那些冲破界限进入我们的领地，并且最后形成“杂草”这个文化类别的物种，一定在大自然的某处有自己的据点，它们正是从那里开始自己雄伟的扩张行动的。

1877年，伦敦托特纳姆法院路南边尽头的缪克斯啤酒厂里，一口井发生塌陷，而这里向西仅几千米处就是70年后轰炸的中心。井下沉了1146英尺（约合350米），直落到从5亿年前的寒武纪起就在这里的岩石上。更靠近地表的地方有约25万年前旧石器时代形成的土层，那时采集狩猎者们四处游荡觅食，绝想不到脚下的土地很久以后会成为伦敦城。在这些旧石器时代的土层中，考古学家发现了一些植物的化石，这些植物不但为我们所熟知，甚至还在1945年大大地出了名。匍枝毛茛、繁缕、杉叶藻、酸模、萹蓄和其他一些现代杂草，原来早在战争甚至园丁被发明出来以前，就在伦敦盆地安了家。我不是说轰炸遗址生长着的杂草就是这些古老植物的直系后代（尽管确实有这种可能性），但这些证据显示它们的存在完全不受人类活动的影响，杂草们的生命早在没有人类的时候就开始了。

让人惊讶和意外的是，石器时代的景致与20世纪40年代伦敦城断壁残垣的景象十分相似。25万年前，泰晤士河高高的河岸上是开阔的草原，冰川摩擦着乱石丛生的战栗的大地，猛犸群和麋鹿群践踏着地面，每当冰雪融化河水就会泛滥。无论什么植物想要在这样恶劣多变的环境中生存，都必须演化出特殊的本领。它们需要有很强的适应性，要成为机会主义者，迁移起来要灵活迅速。环境不断变化，它们就要比变化先行一步。

以上说的是一种普遍情况，实际上后来紧跟人类脚步——拼命挤进我们的麦田、花园、楼宇、战场，直到挤进我们想象力里偏执的角落的植物中，有很多都早已在地球上最动荡的环境中安身立命。在巨浪拍打的海岸上，在危险随时来临的火山上，在被洪水反复淹没的河

边，在野生食草动物拱出的泥坑里，在山麓碎石、鹅卵石滩、冰碛丘陵上，它们不断地演化着，演化着。

如今你依然可以看到生长在这些原始地方的杂草。我曾在约克郡石灰岩山谷的河流上游漫步，冬天的洪流和石头的不断崩落使这里的地面自冰川融化后一直保持着平坦开阔。各种喜欢开阔空间的植物全挤到了这里。原本长在高山的岩荠与喜欢长在海边的海石竹枝叶相抚，长在高地的捕虫堇和白垩丘陵上常见的凌风草并肩站立。在这些植物中间，那些常见的杂草——款冬、车前草、毛茛、三色堇——也在尽情享受着这里的开阔与生机。当然，这些物种的种子很可能是从附近的花园顺流而下，被冲刷到这里的，它们原本应该正在那园中享受着高墙内的阳光。可花园不远处的全新世的土层里就躺着它们同类的遗骸，这里正是它们早在人类出现以前的家园之一。地中海岸边惊鸿一瞥的虞美人，也可能只是出身于平淡无奇的橄榄园和葡萄园，但海岸却可能是它们的原始家园之一。它们仍旧高高地长在圣地耶路撒冷炎热多石的丘陵上，长在金脉鸢尾的花丛中，在这里它们是《新约》中所说的“野地的花”的原型。（地中海地区是大量杂草的老家。这里的夏天漫长炎热，土地干旱不毛，正是一年生杂草生根发芽、蓬勃生长的好地方。）

雪线与高山林地之间的中间地带，是杂草的另一处天然温床。在雅典北部的山地，暮春的融雪有时能灌溉出一大片胭脂红。这就是秋侧金盏花（*Adonis annua*），一种毛茛属植物，它们混在新石器时代地中海移民携带的种子里，抵达了英国。中世纪时，农田里到处是秋侧金盏花的身影，白垩土质的区域尤为严重。侧金盏花的命运起伏，就像是一则讲述杂草身世变迁的寓言故事。16世纪时的园艺家与植物学家约翰·杰勒德[19]十分喜欢它杯状的花朵和花瓣底部如美人痣般的黑点，他为它的优雅着迷，并从英国西南部弄到了种子，种在自己的花园里。他把这美丽的植物唤作“红宝石玫瑰”。200年后，人们在科文特花园附近的街道上兜售这种花，并把它叫作“摩洛哥之红”，这是当时盛行的花束。但到了19世纪末，新的筛种技术使它基本从英国绝迹，直到1971年，经过威尔特郡的M4高速公路——这条公路正好横穿一片曾经的农田——使它在此地迅速复活。如今这种植物荣登英国特别关注物种的名单，而它的身份也从受保护物种到有害的杂草再到受保护物种，完成了一个循环。

杂草顽强而又无处不在的生命力，仿佛是从神话中得来的力量。即便埋在土中，它们也能活上数百年。它们熬过了冰河时期，经历了农业革命，挺过了全球战争。它们记录着人类在大洲间的迁徙，忠诚

持久度不亚于语言。这种不屈不挠的精神正是激发少年时代的爱德华·索尔兹伯里想象力的原因之一。他出生于1886年，彼时索尔兹伯里家族正是赫特福德郡的显族，他从小就喜欢在当地的乡村四处搜罗。十几岁的他已经表现出了成为植物学家后所具备的好奇心和天分。他在一个硬石堆上发现了一株自己不认识的植物，于是便把它送到邱园（亦即他未来工作的地方）去鉴定。他们告诉他，这是一种来自北美洲的植物，叫作豚草，它是菊科家族中一个丑巴巴的成员，并且是美国最为臭名昭著的引起枯草热的过敏源。随后索尔兹伯里——用他自己的话说——“进行了调查”，发现这些石块是作为船上的压舱石从美国被带到英国的。豚草的种子（长有刺）一定是挂在了石块上，横渡大西洋，然后发现赫特福德郡的路边还算是个与美国相仿、过得去的环境，便这样扎下了根。

爱德华·索尔兹伯里后来去伦敦帝国学院学习和工作。他阅读了达尔文的著作，发现这个伟大生物学家的好奇心和一些非传统的实验手段与自己十分相似。达尔文也对杂草很是着迷，觉得它们的生命过程是快进了的演化过程。他认为它们会靠海水传播种子，并测试了盐水对种子萌发的影响。他想知道种子能否在死鸟的胃里旅行，还成功地把他从蝗虫粪便里提取的种子种活了。他从一只红腿鹧鸪伤腿上的泥巴里，养出了80多种植物。他在肯特郡的塘屋有一片“杂草地”，他在这里进行了历史上首次杂草竞争力的量化实验。达尔文清理并挖松了一片3英尺（约合0.9米）长、2英尺（约合0.6米）宽的土地，然后观察会随机长出什么植物：“我把所有长出来的本地杂草都记录了下来，在357种杂草中至少有295种被毁掉，毁掉植物的主要凶手是鼻涕虫和各种昆虫。”这个数据可能会让园丁们略感欣慰——如果不是还有62种植物没被吃掉的话。达尔文没有明确指出这些物种分别是什么，但毫无疑问应该都是些熟面孔。

索尔兹伯里自己的实验与达尔文的思路基本一致。他想要研究让杂草——尤其是耕地中的传统杂草——大获成功的耐力特点和机动性特点。他设计的测试很像小孩子拿植物玩的游戏，而这些有失成年人庄重的实验由一个同事口中“高领领圈和鞋套都十分考究”的人实施，想必更是让周围的人感到奇怪。为了测试靠风力传播种子的植物——如种子自备乘风装置的蓟和蒲公英——效率如何，他在一个没有空气流动的房间里放置了一架梯子并站上去，然后把种子抛下，测量它们从10英尺（约合3米）高的空中落地所需的时间。醉鱼草长着翅膀的果实用了5秒，千里光的降落伞飞行了8秒，款冬则用了21秒。柳兰的羽毛状种子成绩最好，足足飘了1分钟才平稳落地，这也许是它们在伦敦轰炸遗址中分布如此广泛的部分原因。他还在动物粪便和鸟类排泄物中搜寻，看看它们是否也是杂草传播种子的中介——然后他会把

裹着粪便的种子种进花盆，看它们能否萌发。（常见的麻雀是特别有用的传播者，索尔兹伯里从它们的排泄物中种出了车前草、千里光、繁缕和荠菜。）他甚至认为自己也是一个潜在的传播者，他颇为出名的一个举动，是从自己裤脚卷边里带回的零碎中培育出了20多种共计300株杂草，很显然，裤脚也是很好的繁殖体收集器（尽管同在脚踝的鞋套没能发挥作用）。“鉴于裤脚中的种子十分松散，”他不厌其详地写道，“有些会时不时从裤脚中颠出来，所以着裤者就像香炉散发烟雾一般，走到哪里就会把种子散播到哪里。”他还用自己鞋上刮下来的泥土重复了这一实验，发现“一只鞋可以通过这种方式轻易传播至少6个繁殖体”。对于那些从没想过自己也是个如此好用的传播工具的人而言，索尔兹伯里的发现在当时肯定让他们大吃了一惊。

杂草的种子产出量通常十分丰富。一棵颇具规模的毛蕊花或小蓬草能够释放超过40万粒种子。杂草的种子演化出了不同的结构，以保证自己能在新的领地传播得尽可能广泛。它们可能自备钩、刺、针、翅、毛，以便粘在过往动物的身上（当然也可能是植物学家的裤腿上）。还有的种子具有种胶。很常见的花园杂草荠菜英文名为shepherd's-purse（直译为“牧羊人的钱包”），之所以得名如此是因为它们的蒴果形状很像中世纪农民携带的小袋或小包（彼得·勃鲁盖尔[20]的画作《农民舞蹈》中就有一个典型的这类小包）。打开小包似的蒴果，里面的种子就会如金币般散落。这些种子被一层薄薄的胶覆盖，这种胶遇水后——如掉落地面与土壤中的水分接触后——黏度会更高，这样便能更好地粘在鸟类的脚爪上。

但大部分杂草最有利、最能傲视其他植物的生存武器，是时间。要在长久的动荡中依旧生生不息，要么得生长迅速，要么得耐得住等待。许多杂草生命周期比较短，或具备在土壤中长期休眠的能力，或二者兼有。风滚草的种子能在36分钟内萌发。千里光从播种到开花再到播种，整个生命周期只需6周。1765年，尽管已是10月，英国博物学家吉尔伯特·怀特[21]位于汉普郡的花园里，一种全新的杂草还是迅速占领了整片园地。

关于种子的休眠，爱德华·索尔兹伯里则有过亲身体会。他位于拉德利特的花园在拿破仑战争时期曾是一片农田，后来和平年代粮食价格下跌，农田便被改成了草地。1928年，为了修建索尔兹伯里的花园，这片草皮被再次掀起修整，谁知却长出了一种极为罕见的田地杂草。蓝花琉璃繁缕与琉璃繁缕十分相似，但花朵为钴蓝色，这种植物常见于欧洲内陆地区，但农业改革后已逐渐从英国消失。如今在拉德利特再度现身的这些种子，一定已经被埋在地下超过一个世纪了。

类似的事情还发生在了20世纪80年代的奇尔特恩。匹特斯通的一

些白垩采石场开发殆尽，即将成为自然保护区，这时看守人格雷厄姆·阿特金斯发现了一个装满表层土的仓库——原来这些土是1930年采石场刚建立时收集起来的。那时的想法是，待开采完毕先进行填坑（填坑材料很可能是垃圾），然后把表层土铺回去以恢复耕种。但自那以后的半个世纪中，土地使用策略已经改变。这片土地将被还归给自然，而非用于农耕，因此表层土便成了多余之物。但格雷厄姆·阿特金斯意识到，这片土壤被采集时化学性除草剂还未发明，所以它如今很可能成了一种活化石，里面埋藏着大量上一个农耕时期横行田野的各种杂草种子。于是他没有丢弃这些土壤，而是把它撒在了保护区的一片地里。第二年春天，这片地上爆炸式地长出了大量已经几十年没在本地出现的杂草——蓝色的矢车菊，紫色的麦仙翁，黄色的田野毛茛，长着长长的梳子般种荚的针果芹，擎着紫色和黄色的宝塔般花序的田山萝花，还有曾经与这些杂草共处的几种长长的小麦。

这些等待几十年而后复兴的植物，与人类记载中曾蛰伏几个世纪的杂草种子相比就是小巫见大巫了。酸模的种子历经60年依旧可以萌芽。从一处具有1700年历史的考古遗址中挖出的藜的种子，也能够破土发芽。不过这些在黄木犀草面前都不够瞧，这种植物的种子在赛伦塞斯特镇一处有近2000年历史的罗马遗址出土后安然无恙。休眠是一种保险措施，就像人们把钱存起来以备不时之需一样。如果你是一种以不断演化来应付复杂多变环境的植物，能够帮助你生存的策略之一就是保留一部分种子先不发芽，让它们等上个2年、3年、30年，甚至300年，以防恶劣的地面环境长期未能改善，或是第一代幼苗全部阵亡。索尔兹伯里的两个同事做了一个实验，测试人为掩埋长达39年的种子的萌发情况，曼陀罗、龙葵和旋花的萌发率分别为91%、83%和53%。

人们至今还未完全弄清休眠的机理。有些植物为种子罩上了厚度不一的外壳，有些植物的种子里含有可以抑制萌发的水溶性物质，这样一旦土壤中的水分将抑制物质溶去，抑制作用便会解除。另一些植物的种子萌发似乎与温度有关，只有当它们处在最表层土壤中时才会发芽。有几种植物仿佛有一个内置生物钟，可以进行长时间的倒计时。

虞美人的休眠则颇具传奇色彩。在佛兰德战场公墓，战士们下葬后盛开的虞美人是我们文化记忆中难以磨灭的部分，这是实验室数据（比如虞美人的种子中至少有15%会延迟萌发）无法描摹和替代的。欧洲大地处处都有虞美人，每当这种植物花枝折断，总会有汁液流出。它们如此肆无忌惮地炫耀着自己的灿烂——一片虞美人在1英里外就能看见，耀眼得如同落在地面上的朝霞——这让它们成了不屈不

挠、亦正亦邪的杂草王国的象征。2009年11月初，停战纪念日的那个星期，一大片迟开的虞美人在多塞特郡盛放，似乎想告诉人们，它们不但有强大的适应力，还有记忆。

一颗虞美人果实中有1000粒种子，一个植株可以结出多达50颗果实。果实成熟后会干裂，顶部升高，边缘一圈出现一排小洞。与此同时茎部也逐渐变干，被种子的重量压弯垂下，只要一有风吹过，种子就会四散落下，传播的距离可以达到原植株3英尺（约合0.9米）以外。比方说一共产生了2万粒种子，如果条件适合，大约85%即1.7万粒种子第一年就会萌发。第二年可能再萌发1000粒，第三年500粒……还没有人做过足够长的连续实验，以观察虞美人种子休眠的最长年限。但据估计，在化学性除草剂出现以前，1英亩（约合4047平方米）农田中可能含有1亿粒休眠的种子。休耕、除草甚或是土地被短暂地征作他用，都完全干扰不到这些种子。等到下一次耕种开始，或下一场战争来临时，无数伺机而动的种子会瞅准机会，发芽、开花、结果，然后再把成百倍的种子播回泥土中。虞美人作为小麦形影不离的伴侣，一定是土壤中无比顽强的一员。

怪不得亚述人把虞美人叫作“土地的女儿”，它在人类记载中的第一个名字——苏美尔语中的papa——被使用了6000年都未曾更改。罗马人认为虞美人是他们的谷物女神刻瑞斯的圣物。献给刻瑞斯的花环就是由虞美人和麦秸编织而成的，虞美人的种子还是祭奠仪式中的祭品，用以保证来年谷物丰收。即便是在基督教气氛浓厚的中世纪英国，农民们在想尽一切办法除掉这种美丽又固执的杂草的同时，却也非常尊敬它。虞美人有许多古老的方言名，如“雷花”和“闪电花”，反映了当时人们迷信虞美人不能采摘，否则会引起风暴的说法；这些名字的意思也可能是只要田地里有虞美人，作物就不会受暴雨侵害。（诺森伯兰郡的说法是，如果采摘虞美人的过程中有花瓣掉落，采摘者被闪电击中的概率就会增加；“这可不代表小心点风险就更小，”实诚的民俗学者G. 约翰逊评论道，“虞美人花瓣很容易掉落，这是众所周知的。”）

其实虞美人适应能力之强早已有迹可循。1660年，伟大的东英吉利博物学家约翰·雷[22]记录道，“虞美人的种子在10年后仍可萌发”，并且——在达尔文诞生前2个世纪[23]——他的直觉告诉他，虞美人的多样性在某种程度上能帮助它们更好地生存。“种子越小，”他在剑桥郡植物群记录中写道，“越容易繁殖存活。因为种子越小，数量就可以越多，然后种子就更容易适应气候并根据环境调整自己。”

达尔文的《物种起源》发表20年后，萨里郡小村庄雪利村的牧师用虞美人进行了一个令人惊叹的植物育种实验，并证明了这小小种子

里包含的丰富的多样性——一个在许多方面重要性都超过休眠能力的特征——能帮助这个物种更好地生存下去。1880年，威廉·威尔克斯[24]牧师在——用他的话说——“花园里一个荒芜的角落”，发现了一片虞美人，其中只有一朵红花与别的不同，花瓣上有一条窄窄的白边。他把种子保存好，并再次播种。第二年，大约200株虞美人中有5株开出了所有花瓣都有白边的花朵。就这样年复一年，花色中的白色越来越多，直到威尔克斯的整片虞美人都变成了淡粉色，只有一株为纯白色。然后他给自己制定了新的任务，要把花瓣底部的黑色斑点培育成黄色或白色的。最后他培育出了一系列奇特的虞美人，任何一颗果实里的种子都是多种特征的混搭版，种出的花朵颜色从猩红过渡到深浅不一的粉红色，再到纯白，斑纹则有千变万化的白色斑点和白边。他用自己村庄的名字为这些花取名叫“雪利虞美人”，而这些虞美人也成了村舍花园长盛不衰的宠儿。一位住在威尔克斯虞美人园那条街上的记者告诉我，直到20世纪80年代末，人们还时不时能在田埂上看见“雪利花”的身影，尽管那时当地的大部分农田都被合并成了一座高尔夫球场。

萨里郡的牧师成功地让他的虞美人经历了一次加速版的自然选择——只不过做选择的是他自己，而非大自然。他去掉了所有不“适合”自己心意的幼苗——这时候他就像是挑食的食草动物。然后高产、多样、生长迅速的虞美人牢牢抓住了这难得的机会，把仅有的一株植物发扬光大。这个过程恰好也解释了杂草悖论——除草反而会刺激杂草生长。我们本想阻止杂草们创造奇迹，结果反而制造出了能绕过我们控制系统的物种。想打败我们，一点都不难。1000粒种子里只要有一粒在最后一次除草后才萌发，钻过了想筛除它的筛孔，再对除草剂表现出一点神奇的抵抗力，下一年，一下就变成了5粒……

虞美人是贯穿本书的一个中心角色。那些让它们生存下来的特征也是所有成功杂草所共有的。作为一个大类的植物，它们机动性高、多产、基因多样性高。它们对生存环境不挑不拣，面对环境压力能很快适应，为了站稳脚跟策略多变。说来也怪，我们竟花了这么久才意识到，它们最像的是我们。一旦农耕开始，有别于作物的“杂草”概念就产生了，而我们亦坚定了决心要摆脱它们，于是双方就这样无可避免地迎来了无休止的智谋交锋。

第三章

篇蓄

——寓言之草

对于《创世记》的作者，人们的看法呈两个极端——一种看法认为他们是上帝忠实的记录员，另一种看法则认为他们是具有政治野心的传道者。但有一点是肯定的，即无论最初的灵感从何而来，他们写作时脑子里都充满了植物与它们的比喻义。他们透过植物的寓言与神话来看待世界。创世故事中，他们把“青草和结种子的蔬菜”放在了鱼、鸟、兽出现之前，位置颇为恰当。他们把人类的堕落这一重要情节安排在了一座花园里，而这个情节很大程度上又是通过植物符号展开的——果实与草木（与后来人类的农耕生活形成对比），一棵神奇又充满禁忌的树。故事的结局是人类被流放，不但从无忧无虑的采集生活一下跌落到辛苦操劳的农耕生活，还要背负着“荆棘和蒺藜”的永恒诅咒。《创世记》给了杂草一个道德定位，从此以后，它们不再只是物质层面的麻烦，还背上了道德的污点。可是要知道，这段文字之所以能够记录流传，可能还要部分归功于中东文明古国杂草的兴盛呢。

最早的以文字形式记载的创世故事可以追溯到公元前600年至公元前500年（故事本身比这个时间要古老得多），出现在一个叫作迦南（如今的美索不达米亚）的地区，那里是农业的发祥地——“新月沃土”[25]。创世故事有两个版本。在第一个版本中，上帝创造了动物之后立刻创造了人，并把人类的角色设定为农学家、其他生物的主宰。“我们要照着我们的形象，按着我们的样式造人，”上帝如是说，这句话中代词从之前的“我”变成了高贵的“我们”，“使他们管理海里的鱼、空中的鸟、地上的牲畜和全地，并地上所爬的一切昆虫。”尽管有用和可吃的生物有不少，上帝却似乎执意要人类过素食者的生活：“我将遍地上一切结种子的菜蔬，和一切树上所结有核的果子，全赐给你们做食物。”

第二个版本（《创世记》第二章和第三章）更复杂一些，讲到了伊甸园。两个故事的分水岭始于上帝创造完天和地，第二个版本中上帝在创造万物之前先创造了人。上帝用“地上的尘土”做出了人，并把他安置在了“东方伊甸的一个园子里”。园中“各样的树从地里长出来，可以悦人的眼目，其上的果子好做食物……又有分别善恶的树”。亚当的职责就是去“修理看守”园子，想吃什么都可以，但要远离那棵智识之树。之后动物们才被创造出来，并被带到亚当面前由他命名——不过用亚当的肋骨创造的他的伴侣，这时还没有名字，只被唤作“女人”。

然后他们吃了知善恶的树上的果实，于是一切丑恶都被释放。上帝的惩罚严厉且毫不含糊。生命从此将困苦不堪，直至以死亡终结。

女人将在痛苦和悲哀中生育，并成为丈夫的奴隶。本来园中果实唾手可得，现在则必须辛苦地“农耕”才能获取食物：“地必为你的缘故受诅咒，”上帝怒道，“你必终身劳苦，才能从地里得吃的。地必给你长出荆棘和蒺藜来，你也要吃田间的菜蔬。你必汗流满面才得糊口，直到你归了土。”然后他放逐了亚当（未提及夏娃），“打发他出伊甸园去，耕种他所自出之土”。与之前轻松的“修理看守”的园丁活相比，人类的生活状况急转直下。

《创世记》里涉及自然环境的文字中，最让人吃惊的是它对农业到来所抱的悲苦和怨恨的态度。在后来的西方基督教眼中农耕是一件圣事，因为“耕种土地，播撒好的种子”被视为上帝向人类播撒正义的象征，但在当时农业的处境完全不是这样。至少对于《圣经》中一群过得并不幸福的亚述人来说，他们的田间劳作因杂草——无论是实际劳作中造成的麻烦还是心理上带来的影响——而异常辛苦，劳动就像一种惩罚，或者是看起来美好、实际上却苦涩的毒酒，跟狩猎采集时的自在生活更是无法相提并论。

这种失落感可能由来已久。伊甸园故意被塑造得如此梦幻，以突显人类堕落所带来的现实问题。但根据《创世记》对地理位置的描述——尤其是关于亚述临近幼发拉底河的描写——可以推断出《创世记》可能取材于美索不达米亚的某个地区，在这里7000多年前农业就已经出现了。农耕的想法不太可能是某个人灵光一闪想出来的，而更有可能是在采集和储存用作食物的野生植物的过程中逐渐形成的。由于缺乏证据，许多场景只能靠我们想象：人类耕种的灵感可能是来自动物拱地觅食的行为，因为人们发现泥土拱松后似乎促进了植物的萌发；又或者是人类观察到土堆上更容易长出可食用的野生植物，而这些土堆通常就是动物觅食时翻找的地方；又或者是在居住点附近采摘了植物之后，这些植物再次发芽生长，给了人类启发。采集食物的人都喜欢叶子和种子生得较早或个头较大的植物，因此从人类定居点附近的食物残骸中萌发的植物，也一定都属此类。所以垃圾堆可能是偶然产生的第一片农田。正如20世纪初农业历史学家尼古拉·瓦维洛夫[26]所说，一种野生植物通过这种方式脱颖而出，“靠着入侵务农者的生活以达到被种植的目的……在他家的屋檐下寻求庇护，并为他提供服务”。

石器时代美索不达米亚人采集的野生植物中，有些如今被讽刺性地归为了杂草，有些则依然被生活在幼发拉底盆地的美索不达米亚人后裔使用着。当代的伊拉克村民们会从山上采集野生绿色植物。锦葵科植物常用来做汤和炖菜。现在想在英国做一碗美索不达米亚沙拉简

直轻而易举，其中的食材——西洋菜、酸模和蒲公英随手可得。野生果实更是从古至今都很充足，如栗子、杏仁、无花果和橄榄（但这些果子传播之广、历史之悠久使它们的原产地已经无法追溯）。杏和石榴的分布也很广泛，而且如果要给让夏娃堕落的智慧果找个现实中对应的果实，很可能就是这两者之一，而非一般人认为的苹果，因为中东炎热的气候不适合苹果的生长。不过泰瑞斯·麦肯南[27]在其标新立异的大作《神的食物》中煞有介事地论证说，分别善恶的树应该是一种沙漠迷幻蘑菇——古巴裸盖菇（*Psilocybe cubensis*）。怪不得当地部落的人民如此怀念他们过去采集狩猎的生活呢。

改变了他们的生活，并最终改变了整个人类文明进程的是对一种沙漠杂草——野生二粒小麦的驯化。最开始人们只是从野外采集这种植物，用它富含淀粉的种子做稀粥。这种植物喜欢长在大土包上，且所有麦穗差不多是等高的，一定是这齐整的景象激发了人们统一收割的想法。采集者们——就像当年种植虞美人的威尔克斯牧师一样——会优先挑选能满足自己需要的特征，比如一片麦子在同一时间成熟的，以及种壳不会裂开使种子掉落的。这些特征具有遗传性，被人类采集回来散落在居住点附近并萌发的野生二粒小麦，将表现且传承这些特征。这些是驯化植物的最初步骤，后面还会相继发展出其他相关的农业技术，如灌溉、耕种、统一收割、脱粒、扬谷、碾磨和最后的烘焙。这一切全都靠“必汗流满面才得糊口”的人们辛勤劳作。

在真正的农耕刚刚开始时，“杂草”——惹人讨厌的入侵者，长在错误地点的植物——这一概念的出现，无疑让原本已操劳过度的第一代农民更添烦忧。专门开辟的耕地让这些非作物的植物生存状态大有改观，并刺激了它们的生长。于是耕地成了所有本地植物的实验场，它们个个都来这悉心翻整好的土地上大展拳脚。原始的麦田里必是长满了虞美人、黑芥、唐菖蒲和毒麦——最后这种有毒的杂草长时间地困扰着欧洲农民，直至中世纪晚期。那时还没有为农田除草这一说。作物和杂草都是在收获以后再粗略地分开——这个过程被忠实地记录在《马太福音》中种子的寓言里。《马太福音》中说，一个地主的田里被仇人撒了杂草的种子。他对仆人说不必拔出杂草：“不必，恐怕薅稗子，连麦子也拔出来。容这两样一齐长，等着收割。当收割的时候，我要对收割的人说：先将稗子薅出来，捆成捆，留着烧，唯有麦子要收在仓里。”这是长久以来各种除草技术之中，为数极少不会使杂草得益的方法之一。杂草中有一类“奸细”，形态、行为都与领地被它们入侵的作物极为相似，而几乎所有早期的农业举措都会在无意中帮助这种杂草竞争，即刺激它们的生长。成功的杂草是那些能让自己的种子混进作物种子中，从而在来年一起被播种的品种。

杂草的顽固和无处不在一定让早期的农民们恼怒不已。可是如果他们当时成功地控制住了杂草——比如某些技术突飞猛进到未来的水平——后来我们所理解的农业是否还会产生，就要画个问号了。中东地区的土壤薄而贫瘠。第一次犁地的过程中，一定又有大量土壤被沙漠的大风吹走。农作物的根会在一定程度上固定住土壤，但要不是杂草们迅速占领开拓的土地，作物间光秃秃的间隙也还是很容易被吹散、侵蚀，流失营养。还好，大部分农业技术都有弱点，这可帮了土地一个大忙。将作物与杂草一起收获，有利于那些与农作物同一时间结种的杂草。用镰刀收割的方法，会使那些种子高度与麦穗高度相同的杂草保留下来。用筛子筛选谷物，对那些种子大小与作物相近的杂草有利。这种对作物的模仿——自然选择下演化法则的一个简单体现——是杂草古老的法宝。带来的结果，就是超乎想象的演变过程。野燕麦为了混进不同的作物中，根据作物种子的特征演变出了不同形态的种子。有些田地里春大麦和冬大麦会一行行相间着混种在一起。冬大麦的叶子呈莲座丛状，长在冬大麦行里的野燕麦发芽时便也会长出丛状的叶子；春大麦长得细高，长在它们中间的野燕麦茎芽就蹿得又快又直。东南亚稻田里生长的杂草与水稻极为相似，即便是耕作的农民也无法在杂草开花前分辨两者。植物育种者想出了个办法，想培育几种稍带紫色的水稻来与杂草相区别，使杂草更容易被认出。可是几年之后，杂草也带上了紫色。原来，育种者借以培育紫色水稻的色素沉积性状，在杂草中也会偶尔出现。于是每次收割幸存下来的都是这些有颜色的杂草，然后它们的种子就顺利进入了下一年的种子库中。

在古老的美索不达米亚，杂草们无穷的创造力让人们仿佛看不到出路。劳作者们越想铲除杂草，它们就越欣欣向荣。恐怕早在《创世记》对杂草可怕的大书特书之前，人类就已经感觉到这些凶恶植物的存在是一种惩罚。中东地区的价值观和宗教观念也被农业所改变。这一地区在狩猎采集时代原本崇拜——或者说尊崇——动物之灵，它们独立于人类但也顺从于人类。可是农耕出现后，最早的农民们深知自己找到了新的力量，于是他们需要一些超自然的存在赐予他们力量，帮他们统治自然。无论是动物之灵还是自然之神都已无法满足这个要求，于是新的神灵是超人类，是具有人的形象的神，是“人类的牧羊人”。

但这新的力量和新的神祇，都是有代价的。狩猎采集时代的自由一去不复返，取而代之的是辛苦劳作，是分工合作，是杂草们带来的心理和劳动量上的双重折磨——这就是想要安定生活就必须背负的种种重担。有一群农民和牧人——耶和华的部落，早期的犹太人——遭

遇了一场巨大的灾难。他们的重要领地耶路撒冷于公元前586年被强占，犹太人被放逐到巴比伦尼亚[28]的沙漠。犹太人把自己的流放解释为一种惩罚，但经过一点巧妙的神学上的“曲解”，这一惩罚就成了他们被神选中、被赋予了更多神之关注的征兆。他们拒绝了为中东地区广泛接受的高雅文化和具有多个生育丰收之神的信仰系统，宣称自己是被唯一的上帝选中的人民。一神论自此诞生。

但对生活的不满依旧啮咬、折磨着他们，他们把这种怨念写进了创世故事的种种细节中。《创世记》可以被看成早期中东牧民与农民在试图向自己解释，为什么自己的生活会如此困苦。对自然的征服——他们心目中吃下智慧果所获得的知识——既是他们被惩罚的原因，也是惩罚的形式。20世纪的哲学家约翰·帕斯摩尔认为，创世故事其实是对自己行为的合理化：“在《创世记》被创作出来的时候，人类已经开始着手改造自然。（这些故事）让人为自己的行为找到了合理的解释。其实人类并不是因为《创世记》让他们去征服世界才去这样做的，正如人类不是因为《创世记》的指示才知道要繁衍后代。《创世记》只是用来抚慰人类不安的工具。”

有趣的是，《创世记》中的许多中心元素——世外桃源般的花园和人类的堕落、一条蛇、一棵树、半是惩罚半是挑战的杂草爆发——都或多或少地出现在了其他文化的创世故事中。这些元素作为象征符号，似乎在人类的意识深处扮演着某种不可或缺的角色。在经典的希腊罗马神话系统中，也有一个伊甸园般的地方，这是一个永远是春天的田园乌托邦，这里永远长着各式各样充足的粮食，不需辛苦劳作便可生活无忧。人类也被从这个天堂中放逐。不过放逐的目的不是惩罚，而是试炼。神灵们认为，给人类设置障碍可以激励他们思考和进化。杂草可以帮助他们塑造人格。维吉尔极富启发性的伟大诗作《农事诗》就和基督教出现以前意大利的农家生活有关，诗中描写朱庇特[29]十分赞同“耕作的过程应当艰难”，并一手导演了人类的放逐：

他把毒液赐给黑蛇，

命令群狼掠食、大海汹涌，

把蜜露从叶片上甩掉，藏起火种，

然后人们便会苦苦思索，不断积累经验，

逐渐锤炼出各种技艺，

在田垄中找到谷物的叶苗。

刻瑞斯教人类用铁器犁地，但也播下了麻烦之种，因此人类不得不“不断与杂草斗争”：

蓟在田地间

昂首挺胸；作物却开始死去，

多刺的蓬子菜

和蒺藜，在闪光的庄稼中长出，

无果的毒麦和不育的野麦称王称霸。

南美洲典型的部落神话在讲到农业起源时，都会提到人类堕落前以果实、树叶为食。然后一个化作负鼠模样的女人向人类揭示了玉米的存在。这株植物像树一般高大，长在树林中。也许由于那时的人类都是采集者，他们并未想到采集种子，而是直接将树砍倒，但随后他们就发现作物只此一株，不能满足他们的需求。于是他们不得不分发种子、清理森林并进行播种，这便是人类种植的第一种作物。

在南美洲其他地方——如在巴西的马托格罗索，人类学家克洛德·列维—斯特劳斯[30]就记录下了巴西中部欧菲埃部落的独特神话，这个故事与《创世记》中的农业故事竟是完全相反的。在许多前工业社会中，蜂蜜都被归类为植物，但在这个部落的故事里，蜂蜜从一开始便以作物的身份出现，可以种在土地里生长成熟。但它太容易获得又太过诱人，人们的过量食用很快使它供给不足。于是动物们被派去收集野生蜂蜜——蜂蜜中的“杂草”。农耕的种种缺点一下子就不见了。“这个神话故事的独特性何在，一目了然。”列维—斯特劳斯评论道。它持有一种有些人可能会称之为“反农业”的观点，为以采摘收集为基础的经济模式说话。而且这个故事中描述的采集模式所具备的优点——多样性、数量充足和食物易保存——恰恰也正是支持农业的故事中所描述的农业所具备的长处，这也是人类掌握文明后会从不同角度看问题的结果。

早在中东地区的宗教传入英国之前，新月沃土的杂草就登陆了英伦大地。从地中海东部来的第一批新石器时代移民者大约在公元前4500年登上了英国的南岸，这时候英吉利海峡已经形成了几千年。他

们把小麦和大麦装在罐子跟皮囊里带来，其中就混杂着一些从未在英国出现过的杂草的种子。在对公元前3500年前后的新石器遗址进行挖掘时，人们找到了虞美人、烟堇、白芥和野芥菜存在的最古老的证据。到了欧洲的青铜时代（公元前2000年至公元前500年），杂草大军中又加入了琉璃繁缕、卷茎蓼、藜、毛连菜、遏蓝菜和欧荨麻。

一个在英国汉普郡进行的精妙实验向我们展示了这些耕地杂草的扩散速度之快。在这个叫作“巴策古代农场”项目的实验中，考古学家们全部使用青铜时代的农耕技术。他们用古代工具的复制品在小块的土地上耕作，并种植几种不同的古代作物。一块约900平方码（约合750平方米）的土地，耕作工具只有一把原始的铲子，遏蓝菜从一块只有1平方码（约合0.8平方米）的土地开始生长，不到10年就蔓延到了整片地上。我曾亲眼看见，克莱尔郡巴伦风景区古老的石灰土草地，仅仅因为做了几年牧场就长满了杂草。这片独特的石灰岩地貌上，分布着来自三个不同气候区的植物——山地龙胆、大西洋海岸的植物和来自地中海的兰花，自上个冰河时期结束后它们便一起生长。但在牛群践踏和排粪的痕迹周围，这种独特的混合植被消失了，取而代之的是一条长满酸模、车前草和蕨麻的杂草带，它们出现在哪里就标志着哪里已被杂草入侵。

早期的农民们并没有什么好的除草方法，除了用手一点点拔出杂草来，就是吃了它们。有些植物——比如野胡萝卜——在作物中间生存得很成功，可能启发了人类拿它们当作食物。燕麦在中东地区并不是粮食，但在北欧它们可是从一种农田杂草——野燕麦培育而来的农作物。藜因为种子含油量高，在冰河时期曾被人类采集甚至可能种植过。如今依然能看到藜在粪堆上和肥料丰富的田里长成灰绿色的一大片，因此它们在古代肥堆上冒头时一定相当显眼。它的叶子和种子都含有淀粉，可以做成稀粥，种子可能还被做成过死面面包。到中世纪时，藜——古英语中写作melde——已经是十分重要的主食，以至于许多人类定居点都以它命名。地名的语源学是出了名难研究的领域，不过瑞典历史地理学家艾勒特·艾克瓦尔[31]认为，剑桥郡梅尔本（古英语中写作Meldeburna）的地名含义是“两岸长有藜的溪流”，而萨福克郡的米尔顿（在1130年前后写作Meldings）则是“长着藜的地方”。［米尔顿如今的居民们对村庄名字的起源一点都不怀疑。20世纪70年代他们还托人做了一个6英尺（约合1.8米）高的藜的铸铁像，并把它放在行政区边界的马路旁。］在其他地方，在更有组织的农业出现以前，荨麻、繁缕、酸模、西洋菜和锦葵也在很长时间里充当了人类的必需食物，于是存活了下来。

杂草——无处不在、顽固强大的生物——还具有魔力，它们的用途也并非局限于房前屋后、田间灶头。1950年，两个挖煤人在丹麦托兰沼地的一片酸沼中，发现了一具保存完好的冰河时期人类的尸体。人类学家P. V.格洛布[32]用引人入胜、感情丰富的笔调记录了这一发现，标题为《沼泽人》，文中描述了这个人的特征如何清晰鲜活，以至于人们一开始以为他死去的时间并不长。“他躺在潮湿的床上，就像睡着了一样，侧卧着，头微微前倾，四肢弯曲。他表情安详，双目轻合，嘴唇微噘，像是正静静祈祷。仿佛有那么一刻，死者的灵魂从另一个世界穿过西方天空中的那扇门，回来了。”

但他已经有2000岁了，而且他的颈部紧紧套着一个用皮带制成的绞索。他是被绞死的。同样不同寻常的是人们在尸检中的发现。在他的胃里还有他最后一餐的残留物，由于保存完好，可以在显微镜下辨识。在托兰人被处决前的12到24小时，他吃了一碗用农作物（主要是大麦跟亚麻）和很多不同种类的杂草制成的稀粥。其中有些杂草——如酸模、卷茎蓼、狗尾草、田春黄菊和亚麻荠——可能是采集谷物时一起采下的。但除此之外他胃里萹蓄的种子出奇地多，这个数量足以说明这些种子是有意采集的。这个发现有些古怪。萹蓄种子个小且数量并不算多。大费周章地采来做食物并不值得。但这种杂草根系独特，整个根部都是茂密的卷须，如网般交织，很难从土壤中拔出，这些特点从它的俗名“魔鬼的皮鞭”中可见一斑。也许萹蓄的种子被看作这些顽固的杂草离开田地的标志，因此是作为吉祥之物被人类带着敬意采集而来的。

2年之后，在格劳巴勒的一片酸沼中，另一个铁器时代的人类被发现，发现地点就在托兰东边11英里（约合18千米）处。他的胃容物与托兰人相比，保存得更加完好，量也更多，人们在他胃里发现了至少63种不同的种子。除了在托兰人胃里发现的那些，还有三叶草、黑麦草、绒毛草、藜、毛茛、羽衣草、蓍草和还阳参。

格洛布留意到这两个古代人的胃里都没有任何蔬菜或秋天的果实。死者应是死于冬天或初春，那时植物还没长出叶子。他推测这两人死于冬至庆典期间，这个庆典是为了催促春天到来，庆典上常用人类做祭品。这也解释了为什么两人的胃容物很像祭典食物，这种食物由粮食和与粮食相似的杂草特别混合而成，以取悦铁器时代的丰饶女神那瑟斯。“食物中，”格洛布分析道，“有且仅有大量的谷物和花的种子，寓意是让它们在女神降临春之大地时萌发、生长和成熟。”

几年之后有人为托兰人最后的晚餐提供了一种别出心裁的解释。

1954年夏天，英国广播公司（BBC）电视台的明星考古学家莫蒂默·惠勒爵士和格林·丹尼尔博士在他们的节目中也准备了这样的稀粥。他们吃得很痛苦，但还是就着盛在一只牛角里的丹麦白兰地把粥全吃下去了。留着胡子的莫蒂默爵士向来言论大胆，他对丹尼尔说，他认为沼泽人根本不是被献祭了，而是因为受不了老婆的厨艺自杀了。

到中世纪时，杂草和野生植物基本失去了作为补充食品的经济价值。凯尔特民族曾以荨麻肉汤和野生大蒜为主食；英国中部地区的农民则喜欢嚼酸模柠檬味的叶子润喉解渴；约克郡的人会用椭圆叶蓼（当地人称为“热情草”）简单的叶子制作祭典菜肴；而打仗和收成不好的时候人们几乎什么都吃，哪怕是长满刺毛的猪殃殃也能当食物。但在农业经济下——至少在英国——面包和种植的根菜已经取代了采集来的坚果和杂草种子。

可是没有被取代的——而且一直到现代还依旧高涨的——是人们对野外觅食的热情，这种觅食方式带有一种充满仪式感的魅力，仿佛食用野生植物能让你感受到祖先的生活，能让你更细腻地体会四季变化，能让你对大自然创造食物的过程有更完整的理解。比起在英国，野外觅食在欧洲内陆地区更为盛行。古老的“采摘”（*la cueillette*）传统——采摘当季的野生绿色植物和菌类——如今在法国西南部仍十分流行。春天时，巨葱、蒲公英和薯蓣的嫩尖都是最受欢迎的采摘对象。“采摘”不再具有重要的经济价值，而是作为对古老的人与大地关系的再现、对劳动才能获得食物这一精神的歌颂保留了下来。希腊的克里特岛上，复活节时村民们最喜欢的活动就是星期天外出采集*stamnagathi*，即针叶菊苣苦涩的叶子，这一风俗是为了显示人类对冬天之乏味无趣的抗议。在19世纪的美国，亨利·梭罗[33]赞美“采集”具有一种神秘的特质，让采来的杂草野果别具风味：“阴冷的11月里，一边踩着褐色的土地一边品尝白栎橡实苦中带甜的味道，比给我一片进口的菠萝要让我欢喜得多。”

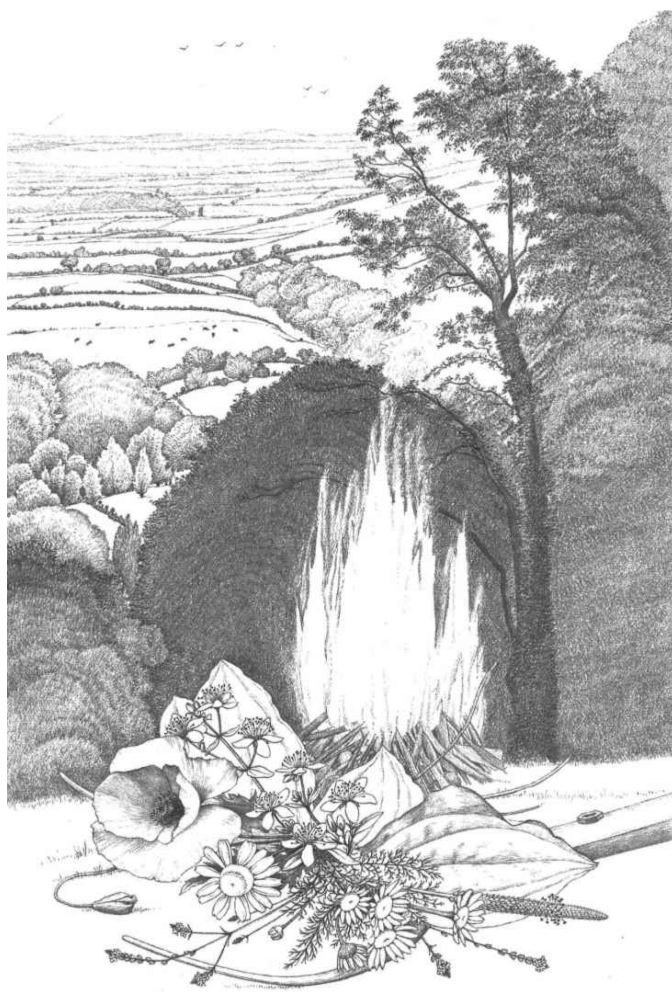
一个世纪之后，另一个美国人复兴了野外采集的传统，还写了一本不像畅销书却风行一时的书。尤厄尔·吉本斯出身于一个贫穷的家庭，在黑色风暴年代[34]的新墨西哥州长大。在他只有十几岁时，父亲为了工作不得不咬牙外出打猎，剩下的一家五口只能靠一把豆子和一只鸡蛋过活。尤厄尔带着一只背包跑到山上，回来时包里装满了可以吃的野生植物。接下来的一个月，全家都靠他采集的食物度日，用他们自己的话说是尤厄尔救了他们的命。

之后的30年中，吉本斯摘过棉花，在修船厂帮过忙，在海滩打过杂，但他一直梦想着能成为一个作家。他尝试写作的小说从未成功出版过。但在一个作家代理人的建议下，他把自己采集野生植物的经历写成了一本书，还取了一个十分吸引人的标题——《寻找芦笋》（1962）。书中全是美国本土的民间知识，各种果实和杂草的采集指南，还有包含令人难以置信的食材的华丽食谱（类似的食材包括虎杖酱和牛蒡芯腌菜）。少年时的他采集食物是为了生存，但现在目的完全不同了，如今的采集是为了重新感受大地和四季，是为了在一个超市文化泛滥的时代重新发现食物的真谛。这本书准确地把握住了20世纪60年代中产阶级对环境问题的焦虑，并开启了一个至今仍未退却的席卷太平洋两岸的采集狂潮（吉本斯把这些人叫作“新原始食物采集者”）。但正如吉本斯这个自造词中“原始”两字所表达的含义所示，野外采集的根源十分深远，它可以追溯到基督教对杂草的妖魔化，可以追溯到新石器时代被献给丰饶女神做祭品的人胃里的最后一餐。

第四章

宽叶车前

——“百草之母……蕴含着力量”



看着阿尔布雷希特·丢勒[35]的非凡画作《大片草地》（1503），你会看到想象力突破了那个时代的艺术窠臼和文化束缚，把这杰作向前推进了3个世纪。在这幅作品里，绘画艺术发现了生态学。画中所画可以是21世纪初，或其他任何时候的任何一片荒地的任何一个角落。这是倾注了敬意与关切画出的一丛杂草，仿佛画笔下的它们是天堂里的花。

这幅画的结构极为简单。作品的结构即植被本身的结构，好像丢勒只是随意在土地上那么一铲，然后把铲起的这块草皮变成了画的框架。画的近景是三丛宽叶车前，这种杂草紧跟着人类的足迹遍布全球，追随之执着紧密，从它的别名“路旁草”和“旅人的脚”中可见一斑。簇拥着宽叶车前的是一束束草地早熟禾。两朵蒲公英已过了花期，但花柱上依然缀着少许黄色并向左倾斜着。画的最后方——也是全画中唯一一种不算常见的植物——几叶虎耳草茴芹在前方重重叠叠的草叶背后，只隐约可见。你观察这片植物的角度并非自上而下，也非其他常见的居高临下的人类视角，而是自下而上。作品下方几乎被斑驳的泥土填满，杂草扎根泥土中的情景清晰可见。最高的植物超出了画作的上缘，仿佛它们是高耸的大树，以树荫庇护身下矮小的同类们。整幅作品不但在视觉上优美典雅，还具备准确无误的科学性。呈现在你眼前的是一个小型生态系统，其中的每一个组成元素——从脚下潮湿的泥土到高处即将飞散的种子——都紧密相连。

丢勒之后，再没有人这么仔细地观察过这卑微的植物——直到有了19世纪早期的文学家们，比如“跌倒后”惊叹并爱上了杂草之美的诗人约翰·克莱尔，比如让少年维特躺进草地然后获得超凡体验的歌德——他笔下的画家主人公“卧躺在山涧那飞跌而下的溪水边的葳蕤的野草中，挨着地面观察千姿百态的小草；每当我感觉到我的心贴近草丛中麇集扰扰的小世界，贴近各种虫豸蚊蝇千差万别、不可胜数的形状时，我就感到那个照他自己的模样创造我们的全能的上帝的存在”。[36]

丢勒的《大片草地》不仅是第一幅描绘杂草群落的画作，还是欧洲第一幅真正意义上的博物学植物画，它预示着一种全新的对待大自然的人文主义态度。从植物画中现实主义的萌芽发展到丢勒的草地，足足经历了300余年。中世纪时期的野生植物画基本可分为两大类：一类是装饰性的，用来装饰《祈祷书》的边缘，画中是开花的草地，画风典雅；另一类是功能性的，给药用植物的描述性说明做配图。无

论是上述哪一类，这些作品都毫无植物学上的准确性可言。诚然，如果需要的只是各个时节植物开花时的粗略形象，那么准确性就并不重要。但若要治疗疾病，情况就完全不同了。在当时人们认为具有治疗作用的物品中，植物可能要占到90%以上。许多药方的开具根据都是魔法与前科学时期对人体机理认知的诡异结合，后者当中，古希腊和古罗马医生（如希波克拉底[37]和盖伦[38]）推崇的四体液学说最具影响力。但无论怎样谬误百出的诊疗系统，都要建立在正确鉴别对症植物的基础上。这就是草药书——一种记录药用植物特征、适用症和用法的书籍的作用了。

但16世纪以前草药书中的插图常被程式化地画成十分抽象的样子。并不是中世纪的画师们缺乏绘画技巧，当时的人物和动物画十分鲜活生动，作品可以在富有创造力的同时又毫不失真。但植物画却都像从同一本样本书中复制来的。这些图都极为简化并对称，花就是僵硬的茎上顶着形状不规则的一团，根就是把胡萝卜随便变个样子，仿佛植物们缺乏某种活生生的灵魂，没有什么品质值得艺术家们精心描绘。

但另一方面，画师们往往也不清楚自己应该画什么。以敏锐细致的眼光观察大自然的传统始于亚里士多德和泰奥弗拉斯托斯[39]，但随着希腊和罗马帝国的瓦解而渐渐被人遗忘。尤其是在中世纪的英国，盎格鲁—撒克逊人对魔法的信仰和极具权威的基督教会都阻挠人们探寻与植物生命和特性相关的知识。似乎质疑大自然的杰作而非毫不怀疑地接受传统的宗教说辞，是一种亵渎神明之举，是在挑衅上帝做出的安排。

有趣的是，与此同时，异教的一些古典时期的著作却地位卓著，尤其是那些辨认药用植物的书籍。阅读这些作品被认为是重新学习那些在英国黑暗时代散逸了的智慧。阅读者也没有将精力放在本该是重点的中世纪植物学和药物知识上，反将大部分注意力都花在了理解和重新解读宗教文本上面。实际上所谓研读就是不断地对文本抄写再抄写，过程中很可能会出现抄写错误。这些工作基本是由修道院完成的。僧侣们能够阅读拉丁文，通常也对医药略知一二，还很有可能有一座种着药草的花园，园中种植的植物可以治疗他们自己和周围居民的疾病。

他们最重要的草药学知识来源，是一本公元1世纪以希腊文撰写的书——《药物论》。此书诞生后的1500年中，每一本欧洲的草药书或多多少少受其启发，或由此书演变而来，总之所有信息皆源自这一本圣书。《药物论》的作者派达尼奥斯·迪奥斯克利德斯[40]可能是一位来自小亚细亚的军医，并且是一位颇有造诣的植物学家。他在著作

中强调，去大自然中亲身认识植物是十分重要的基础：

> 想要成为技术过硬的草药医生，那么无论是植物刚钻出地面，还是完全成熟，还是开始凋零，你都应在场观察。只见过植物发芽的人，不知成熟之物的形态；只查看过成熟之物的人，又辨认不出它破土而出时的模样。植物总在变化之中，叶会变形，茎会长高，会开出花，会结出果，还有一些其他特征可能也会变化，不仔细全面地观察它们，你就犯了一个严重的错误。

可惜的是，后来的作者和编者都没太注意他这段严苛的前言。这本书有一个豪华版，是来自6世纪君士坦丁堡的维也纳古本[41]，在整整400页的彩画中夹杂着一些博物学的画作，但许多更早版本的《药物论》中都完全没有插图。另一些版本中则只有那些程式化的植物画，或是对以前一些画师作品的粗糙复制，或是没什么新意的空想植物图。这种状况持续了几个世纪，反复的传抄使得图画与实际的植物越差越远，难以辨识。几乎没有画师愿意走到野外依照真实的植物作画，其中有一部分原因是他们有时也无法认出古典时期的作者所描写的是什么物种。但当时的观念认为，辨认物种是一种毫无必要或并不妥当的行为，查对古典教义与事实是否相符是一种不敬。

在英国的草药传统中，第一个从其他角度看待这一问题的契机出现在12世纪初。在1120年前后，萨福克郡贝里圣埃德蒙兹教堂的僧侣们完成了阿普列尤斯[42]所著《植物记》的一个新版本，这本书最早出现的日期可追溯至5—6世纪。这本拉丁文书籍并非原创，而是将迪奥斯克利德斯的一些处方和其他希腊的原始资料汇编成书，但散布书中的少量植物插画是据实而作，令人耳目一新，这在北欧地区是前所未见的。

阿普列尤斯《植物记》的原稿被保留了下来，目前存于牛津大学图书馆。这是一本奇特而低调的书，比一本现代的平装书大不了多少，羊皮纸的书页上简单记录了仅100多种植物。行文虽算不上优雅完美，但尚可读懂，只是有时读起来感觉像一本咒语书。比如，写到艾草时书中认为，“若将此草之根悬于门上，则任何人都无法损坏此房屋”。关于蓖麻，书中写道：“汝将此植物之种子置于家中或任何地方，可保此地不受冰雹袭击；若汝将此种子悬于船上，则可平息任何暴风雨。”书中也有许多不合实际的荒唐插图，依旧是将对前人的粗糙复制和程式化的植物画法相结合的老一套。比如一种叫作“拉潘草”（名字以拉丁语、高卢语甚至埃及语给出）的植物就很难辨认，画中它的叶子呈绿色或亮蓝色，茎上还有金叶子装饰。阿福花在书中被画倒了，根看起来像一条龙。“格兰草”（可能是一种豆类植物）则纤弱地向四处伸展细茎，看起来像是一幅保罗·克利[43]的画。

但这些插图出自不同人之手，其中有几张是照着真实的植物清晰描画的，执笔者很可能是几位充满好奇心的僧侣，他们走进修道院的花园，走到萨福克郡的郊外，用值得迪奥斯克利德斯赞赏的专注力观察着生长的植物。毫不出奇，几乎所有这些写实画的描画对象都是常见、易得且好认的杂草。这其中有车前草、马鞭草、薄荷，还有华丽舒展着莲座丛叶的蒲公英（草药书中治疗尿路疾病的良药）。春黄菊的花蕊像一个可爱的黄色茶壶套，它们的三瓣叶和红三叶草般紧凑的花枝都是很难认错的特征。有些作品的技巧十分纯熟，比如林地水苏（书中治疗割伤和溃疡的草药）复杂的唇形花朵就被绘制得精巧细致。但最不同凡响的一幅要数黑莓，书中说，要是被可怕的巨蛇咬伤，便应以这种多刺植物入药。历经900年，画中一簇簇的黑莓果实看上去依旧那么美味诱人，有种几乎要滴下水来的鲜活感。如同在乡村常看到的黑莓一样，每一个枝头都有几颗没成熟的红色莓果，而颜色较深的核果中央则画着一个蓝灰色的点，完美呈现了熟果的光泽。

贝里圣埃德蒙兹教堂草药书上的车前草和蒲公英，被粗糙却专注地画在了纸上，被与咒语相去无几的语言写在了书里；而同样的植物到了丢勒笔下，便成了生动且富含生态学信息的杰作。这两者之间的跨越，便是中世纪人类对杂草态度的成形过程。那时杂草的处境并不复杂，它们充斥着人类生活的方方面面，同时依旧被认为是上帝对人类的诅咒。它们来历不明，据信还有魔法变身的能力。同样一棵植物，既可为良药又可为鸩毒。庄稼也可能“堕落”并转变为可怕的植物瘟疫。对中世纪的人们来说，这些邪恶的、用来惩罚人类的植物根本不值得细致观察和研究。这肆虐人间的神秘灾祸是人类堕落的苦果，无须多问，唯有忍耐。

英国历史学家福斯特·巴勒姆·辛克牧师（维多利亚女王御用牧师）发现，这种一味忍耐的态度到19世纪晚期依旧留存在萨福克郡乡间：

> 我听到一种说法，说杂草与土地天然一体，即大地创造了它们；从没人成功根除过它们，因为根本没人能做到这一点。它们的不朽之躯可直接从土中钻出，完全不需要种子，说此话者言之凿凿，仿佛毋庸置疑……这种对杂草的无知还被添上了神学的色彩，说大地长出杂草是人类违抗神之旨意而得的惩罚。因此从过去到现在直至未来，大地会一直生出蓟、虞美人和丝茅，作为对农民（不过为什么只有农民？）的惩罚。

托马斯·塔瑟[44]将农业与险恶世界的努力斗争记录成书，这本叫作《好农业的500个优点》的书写于中世纪末期，书中已没有了过去那种因恐惧而无奈接受现实的观点。取而代之的是字里行间的乐观，科学的发展向人类投来了曙光，提升了人们的信心，也带来了可行的解决方法。塔瑟以欢快的双行体诗歌书写全文，进一步凸显了书中的自信。而且此书是极少数清晰记录中世纪农民处境及他们对杂草态度的作品之一。塔瑟的记录似乎表明，尽管杂草十分顽固，让人头痛，但还算不上是埃塞克斯郡农民的对手。初夏是除草的时节，尤其是当一场大雨松动了草根之后：

五月来临，去找一把杂草钩、一把叉和一只手套，

然后除去杂草，因为庄稼不喜欢杂草。

给秋播作物除草，现在是最佳时机；

但六月才更适合为其他作物除草斩蓟。

烧掉五月的杂草，斩碎那些蓟；

艾鼬会把黑麦和小麦拽倒拉低：

蕨和毒麦，太过讨厌；

但就像金钱草一样，所有杂草都会消失不见。

塔瑟提到的杂草钩是一对长柄的耙子，其中一把的末端呈叉状，另一把的末端装有金属钩，这个钩子是用来把每一株杂草分别勾倒的。（尽管“锄地”这一技术为美洲土著所熟知，并且作为让空气进入土壤的手段，至少在维吉尔的年代便已在欧洲使用，但在英国将这种技术应用于控制杂草是两个世纪之后的事了。）社会历史学家多萝西·哈特利[45]在她的著作《英格兰的大地》中描写了除草者辛勤除草的过程。她没有解释自己是如何对这一过程知晓得如此详细确切、精确到每一个步骤的，但很可能是将古老绘画中的线索拼接起来，并凭借毕生实地调查中窥见的残留的农业古法进行推测重现。下面的文字便出自她的手笔：

他使用的工具有两把：第一把末端带钩，将躲藏在植物茎下的杂草勾出；第二把末端呈叉状，将杂草压倒在地。然后除草者

向前一步，用脚踩住压倒的杂草顶端，同时向身后挥动钩子，将杂草的根部拔出地面，然后将拔出的草扔成一排。这样每一棵被拔出的杂草都完全从土壤中脱离，并且根部会盖住前一棵草的顶部。因此当除草者沿着犁沟走回去时，他会把除下的草盖在作物根部，但每两行作物的草堆之间至少留出一只脚的宽度。除草工作在一种固定的节奏下进行，而除草者双脚踩出的线就是收割者们进行大部分工作时的标尺。

这种工作的精细程度听起来犹如为每块土地量身打造，每株杂草都被精确拔除，仿佛牙医拔牙一般。但中世纪的除草技术还是无法与大部分凶猛杂草的进化策略相匹敌。在特定季节除去可见的杂草，这个方法反而给一些植物带来了选择优势：比如根系较深或较分散，无法用钩子完全钩出的品种；或者在除草季节前已经开花结籽，利用除草工人摆放杂草的做法趁机将种子散播到土壤中的品种；又或者是另辟蹊径将萌发时间大幅度推迟的品种，例如可在收割和第一次翻地之间萌发的植物。再比如，长在农田里的猪殃殃和长在篱笆旁的就很不一样。田地里的猪殃殃萌发时间不同，种子大小也与农作物的种子更为相近，且生长时枝蔓更为贴近地面——这些都是为了对抗两三千年前的除草技术而演化出的特征。

坚持不懈的手动除草确实削弱了大部分杂草，尤其是那些在被拔除或杀死前还未能传播种子的一年生植物，但对根系较深较庞大的多年生植物就不那么有效了，还常常会在不经意间帮助它们传播。这一类植物中有不少——如匍枝毛茛和蕨麻——都能从一小段根系或枝蔓上再生，因此以拔除大部分（但不可能是全部）根系并将其扔回泥土中为中心策略的杂草控制手段，只会让这类植物数量倍增。耕作之操劳辛酸，正如《创世记》中所言，叫人“终身劳苦”。

异株荨麻就是一种因农耕和除草而越挫越勇的植物。它们的天然栖息地为肥沃、泥泞、略经开发的土地，河谷营养丰富的淤泥上长出的茂密草丛和被动物粪便滋养的林中空地尤为它们喜爱。它们很容易就适应了耕地和牧场的肥沃土壤（尤其是池塘河流里的淤泥常被铺在田里以增加肥力），以及氮、磷丰富的人造场所——垃圾箱、篝火营地、教堂院落。荨麻不但靠种子传播，还靠能够迅猛生长的地下茎传播，这些茎一年推进的距离可以超过2英尺（约合61厘米）。这些地下茎即便只剩下毁损严重的碎片，依旧可以一边横向伸展，一边把坚韧的、纤维般的根扎进土中，并最终从地下破土而出，生出绿叶点点的新枝。地面上庞大的植物体也只需地下那一丁点星星之火。土壤中的磷酸盐能够保持极长的时间，在索尔兹伯里附近的格罗夫里山脉曾有罗马不列颠人的定居点，这里的人类早在1600年前就已离去，可荨

麻却在这里的林地里欣欣向荣，直到今天。[46]

旋花科具备大量巧妙甚至强大到让人生畏的生存技巧。它们弯曲的根和善于攀爬的茎能够扼死其他植物，也为它们赢得了当之无愧的“恶魔之肠”的民间称谓。在化学除草剂发明以前，田旋花（*Convolvulus arvensis*）可是最让人头痛的杂草种类之一。它们美丽的外表很有欺骗性，粉色、白色或白底条纹的花朵在阳光的照耀下会散发出一缕淡淡的杏仁香，花蜜也会吸引大量不同种类的昆虫。它们卷曲的茎可能是寻找它们野外起源的一个线索。它们能爬到的最大高度为3英尺（约合0.9米）左右，完全比不上能够沿树攀爬的旋花，这表明“恶魔之肠”在入侵农田和花园前生活的土壤可能散布着低矮灌木——比如在结构不稳定的悬崖脚下生长的那类灌木。现代的田旋花分布地中，最接近它们原始栖息地的是海边那些植物低矮、多石的草地。但如今我们所认识的田旋花结构已十分精巧，可轻松应付各种农业压力，这说明在过去几千年的农业进程中这种植物可能在不断演化。

田旋花有一套几乎可以说是万全的保险系统，一系列繁殖和再生技能使它们能应对任何可能的状况。每一棵植物都能产生约600粒种子，这些种子中的一部分在夏天萌发，一部分在秋天萌发。如果有些种子被埋得太深，一时无法发芽，那么在之后长达40年的时间里，一有机会它们还是可以随时复苏。一旦幼苗成功站稳脚跟，它的地下茎便会开始水平扩张。整个地下系统只需一个季度的时间，便可占领超过30平方码（约合25平方米）的土地，纵向深度也可超过18英尺（约合5.5米）。地面上的新枝既可以从地下茎上长出，也可以直接从根部长出。用锄头或犁斩断它的根，只能暂时性地削弱它，但此举同时会刺激新芽的生长。面对伤害，它们的反应迅速而又果断。几秒钟之内伤口处便会流出乳白色汁液，随后汁液会凝结成一层抗菌膜。几天以后伤口附近的休眠茎芽会开始隆起，并长出新的根和枝条。田旋花任何部位哪怕极为细小的一点碎片，都能够以这样的机制生存。要是哪个被田旋花气到七窍生烟的园丁把它剁成了100截，也不过是给了它们分身100次的机会。

地面上，缠绕茎的尖端拼命地探寻着阳光，它们会缠上任何直立的物体——包括其他植物——以寻求支撑（在实验室中，旋花的茎能够穿过用黑色管道做成的迷宫，准确找到光源）。对支撑植物造成的任何破坏都会连带伤害到旋花，它们需要支架。如果缠绕茎被部分埋到了土壤中或石头下，这些茎就会生根。如果这些茎被反复斩断，植物便会启动代偿机制，让自己长成灌木状，并催生多个分枝。如果它们被牛吃掉，茎中的化学信号会识别出动物唾液中的生长激素，促使

植物生长得更加迅速。

旋花不费吹灰之力就能随机应变的本领，倒意外地让人类看到了一些希望。旋花的生存策略如此强大，但它们并没能在耕地或被破坏的土地上纵横肆虐。林地中你看不到这种植物，因为它极为依赖阳光。老草场和牧场上经年累月长起的植被，也让它无处落脚。有时候旋花确实能够侵入一些新落成的草坪，但它的根系再强大，在不断的割草修剪下也支撑不过一两年。“恶魔之肠”是个强大的生存者，但远不是什么超级杂草。

尽管像荨麻和旋花这样的杂草都如妖魔般强大，但据我所知，并没有哪一种因卷进巫术、渎神或什么诡异之事而被人类审判的。它们很幸运。在中世纪时——实际上直到19世纪中叶——任何生物一旦被认为违背了上帝的意旨或社会准则，就可能面临审判。1499年，几只麻雀因为把鸟粪拉在了法国圣樊尚大教堂的长椅上而被逐出教会。1546年，一群象鼻虫以破坏穷人圣朱利安教堂的葡萄园的罪名被审判。这种审判在16世纪时十分普遍，而著名的法国律师巴塞洛缪·沙瑟尼[47]因为动物辩护而声名鹊起。朱利安·巴恩斯[48]在其恶作剧之作——短篇小说《宗教战争》中纪念了这位律师的工作，在故事中一群蛀虫咬断了贝桑松主教座位的椅子腿，令他“有违自己意愿地摔倒失态”，于是这群蛀虫被判逐出教会。沙瑟尼为虫子们辩护，争取到了一个更轻的判决。它们未受到惩罚，因为当地居民“为这些虫子找到了另一片草场安家，在这里它们能安心进食而不会给圣米歇尔教堂造成危害，而且这些虫子应遵从法院至高无上的权力，迁去那片草场”。（这时就已初步形成的为不受欢迎者另觅领地的构想，呼应了如今在花园里为杂草保留一角和在耕地旁空出条形土地不行耕种的做法。）

虔诚的中世纪人类对杂草们所做的最坏的事情，是赋予了它们种种恶名。至少有20种植物的俗名（大部分如今已废弃不用）把它们定义为魔鬼的植物。春黄菊是“魔鬼雏菊”。田野毛茛是“魔鬼之爪”、“无处不在的魔鬼”、“魔鬼的车轮”和“魔鬼的马梳”（这些名字大多是参照其种子的形状而起的）。颠茄是“魔鬼的大黄”和“魔鬼的莓果”。毛蕊花——“魔鬼的毯子”（因为此植物长有绒毛）。金钱薄荷——“魔鬼的烛台”。菟丝子——“魔鬼的线”和“魔鬼的网”（也叫“地狱草”和“地狱缠”）。百脉根——“魔鬼的手指”（但也叫“圣母的手指”）。大繁缕——“魔鬼之黍”和“魔鬼的裙扣”。针果芹——“魔鬼的蜡烛”。天仙子——“魔鬼之眼”。荨麻——“魔鬼之叶”。峨参——“魔鬼的肉”和“魔鬼

的燕麦粥”。蒲公英——“魔鬼的奶桶”（因为这种植物会分泌白色乳液）。春蓼——“魔鬼的捏拧”。卷茎蓼——“魔鬼的绳索”。虞美人——“魔鬼之舌”。毒欧芹——“魔鬼之杖”。还有泽漆，一种并不起眼的9英寸（约合23厘米）高的植物，被给予了最奢侈的恶名，苏格兰部分地区称其为“魔鬼的苹果树”。

但我们无法确定人们是否真的认为这些杂草与魔鬼有关。这些与魔鬼有关的绰号很可能只是并无不敬的调笑，比如称呼某人为“那个小恶魔”。真正将杂草与超自然力量联系在一起的情形，正如我下面将会讲到的，与这种情况截然不同。

1523年，约翰·菲茨赫伯特所著的《农耕之书》[49]更为郑重地列出了一长串杂草的名字（它相当于世界上第一份杂草黑名单）。“5月将尽便是为作物除草之时，”他这样写道，让人不由得联想到托马斯·塔瑟，“杂草多种多样，有蓟、白芥、酸模、毒麦、黑麦草、南茼蒿和臭春黄菊。”最后这种杂草是塔瑟笔下的“五月草”，其分泌物有刺激性，能使农民的皮肤起水疱。南茼蒿开黄色花，塔瑟称之为“金钱草”，也叫“黄金草”（可不是只有动画片里的盗贼才拿黄金当钱用，早在这以前黄金就是货币了），是中世纪最让人头痛的杂草之一。这种杂草的棘手程度令英王亨利二世专门颁布法令治理它，这一法令约束力之严苛可与1959年颁布的《杂草法案》比肩。

但若按对人类的影响力而言，最严重的入侵者当属毒麦（cockle）。这个名字可以指代两种完全不同的物种，两者之所以俗名相同，是因为它们的种子如果误与小麦一起碾磨，做成的面粉就会味道极差且常具毒性。第一种植物为麦仙翁（corncockle），粉红家族石竹科的成员，精致的紫色花朵从花苞中绽放时犹如飘扬的旗帜，它们的种子与小麦种子同时成熟，大小和重量也与小麦相去无几，因此在扬谷时很难与小麦分离。它们会让面粉——以及用这种面粉做成的面包——变成灰色。这种植物中含有一种叫作皂苷的有毒糖苷，进入血液后会使红血球和其他细胞破裂。这种病症（如今在印度仍十分常见）叫作麦仙翁中毒（githagism），英文名取自这种植物的拉丁学名*Agrostemma githago*，症状为疲乏、打哈欠、体重下降和肠炎。

另一种毒麦是黑麦草（darnel-cockle），菲茨赫伯特笔下的darnolde和《圣经》中的tares都是指它。这种草也会被简单地称为darnel，是毒麦属成员。一旦这种植物的种子被碾磨然后做成面包，吃到的人便会出现另一些症状——耳鸣、恶心、视力减弱、腹痛和腹泻，不过这些症状几乎都不会持续很久。

值得注意的是，当5月末6月初许多杂草被钩子钩出并被胡乱埋进

土中之后，它们又会在仲夏节祭典上再度露面——但这一次却是以正面角色出场。仲夏节当晚，乡村点起盛大的篝火，成捆的野生植物被丢向明亮的火焰。这些植物大部分都是农业杂草，其中包括贯叶连翘、南茼蒿、虞美人、春黄菊、艾草、新疆千里光、车前草和马鞭草。

仲夏节是北欧一年中最重要的日子之一。时值夏至，太阳在沉入漫长冬季前最后的爆发使它看上去像是要长明于空中，夜晚如此短暂，仿佛要与白天融为一体。对中世纪的人们而言，这一刻人类与自然——以及凡间与仙境——之间的界限可能模糊了起来。难怪每到这时都会举行盛大的异教祭典——哪怕是在基督教盛行的英国也是如此——而这一习俗一直延续到19世纪（少数地方甚至延续到了21世纪）。仲夏时节，未来可以被窥见，来年定会风调雨顺。

几乎所有前科学文化的信仰中最重要的原则都是交感（sympathy）。简言之，人或物可以被相似的东西治愈，或者激发，或者产生共鸣，有时也可能是排斥。让骨折的小孩从开裂的树干中间穿过，然后对这棵树进行包扎，便可以加快他骨骼愈合的速度。如果人类舞者模仿动物的交配仪式，便可以让动物更加多产，甚至可能让人类也更加多产。悬挂在花园门上的镜子能够反射光线，因此也能驱走雷雨云。这种交感巫术（sympathetic magic）的中心思想是类比，即相信宇宙间所有不同的物体都是连接在一起的——这种连接并非指实实在在的接触或环境上的互相影响，而是一种由形及意、单纯通过外在形象所造成的影响。

因此熊熊燃烧的火焰能够增强太阳的热力。燃遍整个欧洲的仲夏火焰节，将这种交感巫术发挥到了极致。炫丽的光与热的表演，将在太阳的能量即将走向衰败时再度激发它。一个额外的好处是这些火焰将烧尽瘟疫和土地中的“有害之物”。有些地区如今依然保留着这一习俗。在比利牛斯山，火焰是由教区领袖——有时也可能是某一条街的居民——点燃的。在瑞典，盛大的篝火旁还会立有花柱，但在更北边的一些国家里，竖花柱不是在5月而是在6月底。在英国的康沃尔郡，这一习俗最近再度兴起，仲夏节时你可以看到康沃尔郡群山山顶那一连串的篝火，旁边还有一排排被柱子高高顶起的燃烧着的柏油桶。

在英国的部分地区，仲夏节火焰要点在田地的上风处，这样一来具有净化魔力的烟才能被吹向作物和家畜。被选作燃烧物的植物本身要能够反映出太阳的魔力。它们大多是夏日开花的品种，白色、红色或黄色的花朵对应着太阳的形与色。这些与作物相伴而生的植物，可能也有着很显赫的出身，就像在托兰人胃里找到的新石器时代丰收祭典所用的祭品萹蓄那样。

中世纪时，仲夏节篝火被基督教会占用，教会称点燃火焰是为了向使徒圣约翰致敬，因为他的节日（他的生日而非忌日）正是6月24日仲夏节。但仪式的异教含义并未改变。年轻女孩们讨论着未来的恋人，年富力强的农民小伙则从火焰中穿过。仲夏节被赋予基督教圣人的色彩后，最显著的变化体现在了篝火里燃烧的植物上。贯叶连翘英文为St. John's wort，意为“圣约翰之草”（在基督教出现以前这种草所使用的名字已经遗失），这种植物就是典型的可以作为太阳之映象的草。它开在盛夏，花朵为明黄色，呈星状。它的另一个特点更让中世纪的人们认定它代表着太阳那赐予万物生命的光芒。它的每一片叶子上都有透明的小圆点（这一特点也被用在了它的拉丁学名*Hypericum perforatum*上，其中*perforatum*就是“洞、孔”的意思）且正冲着天空，太阳光穿叶而过落在地上，仿佛春日树林中斑驳的树影。

如果说中世纪的草药书混杂着宗教含义和对自然界的各种怪力乱神的认识，从而反映了当时基督教对耕作和植物之功用的看法，那么像仲夏节篝火这样的仪式庆典可能就是这些看法为普通人所接受的最好机会。还有少量盎格鲁—撒克逊的草药书，也讲到了关于植物功效的常见看法、凯尔特人的知识与交感巫术的集锦，以及边远地区的基督教仪式。在这一时期，植物不再被认为是由神种下的，但它们确实具有某种能够避开或抵挡有害影响的力量。危险的力量散布在空气之中，随时会造成不好的结果——从收成不好到丈夫不忠，事事皆有可能。疾病也常被归结于一种神秘无形的物质——“精灵之击”（elf-shot），这是超自然生物向倒霉的凡人发起的攻击。在贝里圣埃德蒙兹《植物记》成书约两个世纪前，有一本叫作《博尔德医书》的书中提供了“精灵之击”的治疗方法，这个方法绝对是植物巫术与基督教仪式的完美结合：

> 星期四晚上太阳落山之时去堆心菊（可能任意一种菊科花朵都可——尤其是花朵呈碟状、形似太阳的植物，如洋甘菊）生长处，然后吟唱《万物颂》或《主祷文》，做一次连祷，并把你的刀插入草中……以你最快的祈祷速度重复以上程序，把草和刀一起放在圣坛下方；等到太阳升起，将草洗净，然后与药水苏和十字架上的青苔混合成饮品；用牛奶煮沸三次，加入圣水三次，并在过程中吟唱《主祷文》、《信经》和《荣归主颂》，然后做一次连祷，并用剑在药水周围三面画十字，完成后让病人饮下，不久自会康复。

与“精灵之击”关系密切的是“飞行的毒液”（flying venom），这是一种随风吹向各处的危险的灵气。有些人认为它是在奥丁将巨蛇或

龙斩成9截后由它的碎片释放出来的——这一观点将疾病的病因与最古老的邪恶化身结合在了一起。最有效的预防措施是以盎格鲁—撒克逊人的9种圣草为基础编写的咒语或熬制的汤药，这9种圣草中包括好几种为人熟知的杂草：艾草、车前草、西洋菜、春黄菊或洋甘菊、药水苏、异株荨麻、细叶芹、小茴香和野苹果。杂草既可以是诅咒又可以是圣物，但当时的人们并不觉得矛盾。如现在一样，它们当时的角色也与所处环境有关。在土地中，它们是烦扰；在病房里，它们是良药。而它们在田野中的普遍与顽强甚至使它们的药效看起来更加强大。

车前草过去被称为“百草之母”，几乎所有古老的药方中都有它的身影，最早甚至可以追溯到凯尔特人的火祭仪式。它的外表毫不起眼——一丛灰绿色的叶子上立着一个老鼠尾巴似的穗状花序，因此我们不清楚它是如何获得如此风光的地位。但作为一种杂草，它“野”的程度——愿意忍受种种不利与人类共存的程度——可能与重要地位的获得有很大关系。盎格鲁—撒克逊语中它的名字意为“长在路边的宽叶草”，这就是车前草的典型习性与栖居环境。马路、田埂、教堂阶梯，都是它们欣欣向荣之地。它们把“紧跟人类脚步”的字面意思发挥到了极致。它们那贴地而生的叶坚韧又富弹性，不怕踩踏。你可以踩过去、碾过去，甚至开车轧过去，它们依旧继续生长。甚至越是被践踏，它们就越生机勃勃，而长在它们周围的脆弱植物早已被摧毁。因此，根据交感巫术的法则，车前草会是压砸或撕裂伤的良药。（从某种程度上来说，这一点确实是真的。车前草的叶子里有很高比例的单宁，可以收敛伤口和止血。）

车前草柔韧的力量不仅应用在了急救上，它还是一种占卜草，可以帮助人们预见未来，尤其适用于人神两界界限最为模糊的时候。仲夏节的贝里克郡，年轻女子们用开花的车前草为自己预测未来的爱人。用车前草的性器官做预示植物，这样的占卜不但微妙，甚至带有情欲的意味。占卜是取两根“老鼠尾巴”般的穗状花序，并去掉上面所有可见的紫色花药（这是盛有花粉的雄性花器尖端）。将这两个花序用酸模叶包好，放在一块石头下面。如果第二天花序上萌发了更多的花药，就说明恋情将近。

甚至在17世纪的伦敦，仲夏节里依然能见到这种车前草占卜。1694年6月24日，约翰·奥布里[50]在蒙塔古大楼[51]旁的草地上散步时，看到了二十几个女子，“她们中的大部分人衣着光鲜，跪在地上，十分忙碌的样子，像是在除草”。他向一名年轻男子询问她们在做什么，得到的回答是“她们在找车前草根下的木炭，晚上把这些木炭放在枕下，就能梦见未来丈夫的模样”。盎格鲁—撒克逊人的《九

草诗》早在近1000年前就指出了车前草这些治愈、辟邪和预知未来的力量：

而你，车前草，百草之母，

坐东向西而开，蕴含着力量，

在你上方碾过了战车，行过了女王的坐骑，

在你上方新娘哭泣，牛铃叮当；

这些你承受住了，这些也为你厌恶，

所以现在抵受住空中飞行的毒液吧，

抵受住地上飘荡的可憎之物。

1000年过去了，如今我们知道确实存在着某种“飞行的毒液”——不过这毒液并不是杂草能帮我们抵御的，反倒是它们散播的。空气和土壤中不断进行着化学信号——植物信息素的流通，这些信号的作用包括阻止昆虫食用、吸引传粉者、消灭竞争者、促进友方植物生长和警告其他植物有昆虫来袭。这些信息素可能是些可挥发物质，能够从叶面进入空气中，或是某些水溶性的根部分泌物，可以从根部渗入土壤。参与的植物越多，信息流就越复杂，而对于建立已久的植物群落来说，这种化学信号网络便是屏蔽杂草等入侵者的手段之一。但在经过破坏开发的地方几乎没有成熟稳定的植物群，因此也几乎没有什么化学信号，于是杂草们便开始建立自己的化学防线以抑制竞争者。田旋花和丝路蓟释放出的信息素可以抑制粮食作物的萌发。一系列以美国杂草偃麦草的根部为对象的精巧实验表明，它们抑制玉米生长的手段除了传统型的独占土壤营养外，还有主动释放毒素毒害作物。偃麦草的每一个部位都能产生这种毒素，因此有些毒性是通过空气传播的。即便是一些杂草的种子——如藜、曼陀罗和稗——也会向土壤中释放化学物质，抑制卷心菜、胡萝卜和番茄等农作物的种子萌发。但化学信号的传播并非单向。大麦、燕麦和豆类也可以抑制藜的生长。棉花类植物释放的信号能够促进寄生植物独脚金的萌发，尽管棉花本身并非这种植物的寄主。

杂草和其他植物之间这些看不见的化学交锋，我们所知甚少，但早在500年前就有植物学家凭直觉从另一种讨厌的杂草身上认识到这种化学信号存在的可能性。菟丝子是一类让人惊叹的植物，它们不但过着彻底的寄生生活，并且几乎完全没有根。它们寄生在百里香、豆类以及——尤其是在中世纪时——亚麻的身上。亚麻菟丝子可以轻松杀死一整棵植物。

菟丝子的生长神秘怪异。它的种子在晚春时候萌发，并长出红色或黄色的细线。这些线上没有叶子，没有叶绿素，也不依附于大地。它们看起来与其说在生长，不如说更像滑行。这些幼苗的顶端钻出地面后，会慢慢向前移动。同时整个细线般的茎开始形成螺旋状，如果把这个过程快进着来看，你会发现它们的行进方式很像蛇类。一旦菟丝子找到并确认了合适的寄主，它便会缠上这棵植物，松散卷曲的茎也会一下紧紧缠绕起来。茎上还会伸出细小的吸器，可以穿透寄主的组织并形成导管，吸取水和营养物质。若被菟丝子缠上的是像荆豆或杜鹃花科这样的大型木本植物，寄主虽会被其削弱，但很少会因此死亡。但若是较小型、偏肉质的植物——如亚麻——被寄生，后果常常是致命的，不过，在杀死寄主之前，菟丝子当然会把种子传播出去，保证后代的未来。

第一个抱着好奇心仔细观察菟丝子的是威廉·特纳[52]，他是一位毕业于剑桥的博物学家、牧师和医生，杰出的英国植物学家约翰·吉尔摩[53]称他为“英国第一位在先贤草药学家启发下将草药学在欧洲大陆发扬光大的人，他冲破权威与迷信的藩篱，用亲身的观察和体验描述英国的植物”。特纳的草药书于1543年出版，此时距丢勒那幅具有突破性意义的画作问世只过去了30年。在书中他是这样记录菟丝子对其他植物的寄生的：“菟丝子寄生在草本植物和小型灌木上，如同槲寄生寄生在树上一样。菟丝子仿佛红色的竖琴弦，紧紧缠绕在植物身上……据我的记录，被菟丝子寄生最多的植物是亚麻和蚕豆。”约翰·杰勒德在他1597年出版的草药书中进一步分析了菟丝子，并提出“这种植物的特点会随寄主的属性品质改变”。现代植物学家已经发现菟丝子确实有不同的品种类型，每一种都演化出了识别特定寄主化学信号的本领。菟丝子似乎能从叶片释放出的挥发性化学物质中辨认出独特的成分，从而“嗅”出自己的寄主。在宾夕法尼亚州立大学，生物学家孔苏埃洛·德莫赖斯一直在研究以番茄为寄主的各种菟丝子的追踪技巧（菟丝子在美国也被称为“勒死草”和“爱藤”）。她发现生长中的菟丝子茎的尖端能够缓慢转动，“嗅探”寄主的方向，然后坚定不移地直向着目标而去。对红色毡料、烟斗通条、有色液体小球制成的人造番茄，它们理都不理，因此它们并不是以颜色为线索。但当德莫赖斯从真的番茄中提取了气味化学物质，将其涂在一块橡皮上时，菟丝子马

上向橡皮的方向伸出了卷须。

从黑暗时代的迷信到理性时代的开明好奇，这一转变有一个颇具讽刺意味的小注脚。修道院和大学都是筑有高墙的地方。墙内有他们的植物园，也有他们的知识，这象征着他们向外界宣告这里才是智识之权威所在。当然，那些有潜力成为杂草的植物都对边界怀着轻视。于是修道院的花园里，一些药用植物长进了围墙之中。它们把高墙当成了进入外界，同时也是进入大众视线的垫脚石。

修道院成了传播杂草的地方。有些宗教机构，如克吕尼隐修会（天主教本笃会的一个分支），即便在法国最南端也有他们的修道院，并且他们把药草也一起带到了那里。这些药草中有一些种类——比如一些农业杂草——最早长在地中海地区干燥多石的地方，但后来它们发现，原本为了困住它们而设计的修道院干燥的石墙，竟成了它们出逃的理想跳板。

贝里圣埃德蒙兹修道院是1120年阿普列尤斯《植物记》的成书之地，那里的断壁残垣如今还在，并且上面缀满了杂草。有些是比较新的品种（比如醉鱼草），这表明这些墙不但是出逃的踏板，也是入侵的桥梁。但有些品种——如短舌匹菊（用以治疗头痛）、白屈菜（用以治疗眼疾）和糖芥（用以治疗溃疡和帮助“臀部的砍伤或裂口”愈合）——可能是900年前就已经长在修道院药草园里的植物。如今所有这些植物都能在全英国的石料场和垃圾场轻松找到。

如果说农田为杂草提供了通往乡村的入口，那高墙和道路则为它们打开了进驻城市的大门。无论人类试图建造怎样的壁垒以捍卫文明、阻碍野性入侵，杂草都能找到突围之路。

第五章

夏枯草

——杂草亦良药

有一种杂草在巫术魔法盛行的年代声名大噪，它的名字叫作风茄。这种叱咤风云的茄科植物是地中海地区分布很广的杂草，喜欢长在橄榄园、休耕地、麦田等翻耕程度不深的土壤中。它有一种神秘的吸引力。它那丛状的深绿色叶子巨大且布满褶皱，平贴地面生长着，通常到了深秋时节叶丛中央就会长出一簇深紫色的花。但最让植物采集者们着迷的是它的根。风茄的根呈深叉状、肤色，偶尔会出现粗具人形的根，看上去仿佛一个小侏儒，并且具有生殖器。因此，根据交感巫术的原则，风茄被认为具备春药和治疗不育的功效，甚至还能当作驱邪的药剂。

关于风茄的生长和用途有许多传说逸闻。据说它在绞刑架下生长得最好。逐渐腐烂的尸体会为长在下面的植物带来肥力。如果这具尸体属于男性，那长出来的风茄根就呈男性模样；如果尸体属于女性，长出来的根就会呈现细致的女性特征。鉴于风茄根象征着一个人，采摘时需要用特殊的技巧保持距离，以免采集者不慎将其损伤而犯下某种意义上的谋杀罪，进而因此受到某种惩戒和报复。这种植物被拔出时会发出尖叫，因此建议采集者将狗拴在风茄上代替自己拔根，假如发生意外，可以牺牲狗的性命来保自己平安。

从医学角度而言，风茄确实含具有麻醉镇定作用的生物碱。在古典时代，风茄是一种手术时使用的温和麻药。在英国兜售风茄的草药商们并不总能得到真正的风茄根，于是他们便用其他植物的根替代，常用的替代品是毒性强过风茄许多的泻根。事实上，很多关于采摘风茄根的迷信传说——比如致命的尖叫、闹鬼的绞刑架等——似乎都是由专业植物采集者和收购者们散布，借此吓退其他想要染指这棵摇钱树的人。

明察秋毫的威廉·特纳严厉批判了这种风茄造假的行为：

> 那些被做成有毛发的小人形状并装在盒子里在英国兜售的假风茄根，完全是愚蠢的毫无价值的东西，根本不是天然形成的。手艺精湛的贼人们将它们细细修整，竭尽所能愚弄可怜的人们，抢走他们的智慧和金钱。我一生中曾多次亲手将风茄根拔出土地，但从没见过现在市面上常见的装在盒子里卖的这些形状的根。

问题是人们对观察植物逐渐浓厚的兴趣（代表人物是特纳），却被植物贩卖者们——某种程度上也被教会——利用来支持刚具雏形的智能设计论。药效形象说（Doctrine of Signatures）是交感巫术经过

调整梳理、去除明显的巫术成分再加上教会权威勾兑而成。这个学说认为，上帝为植物“设计”了具有暗示性的外形和颜色，以便人类“悟出”它们具备治疗哪种疾病的效果。至此，细致观察植物以便解读其药效的行为变成了虔诚信奉基督教的表现。

药效形象说最狂热的支持者要数17世纪牛津毕业的植物学家威廉·科尔斯[54]了。他在《伊甸园的亚当，或自然的天堂》中简要概括了这一系统。

> 尽管罪孽和魔鬼把人类投进了疾病的苦海，上帝的慈悲却尽显于他的杰作之中，他让草长满群山，让人类有草药可用，他的仁慈降临在百草之上（就如同降临在每个人身上），不仅让它们具备了独一无二的形态，还给了它们独有的特征，从而使人类能从这易于辨认的特征中明了它们的用途。三叶心形草（即褐斑苜蓿）的得名不仅因为它的叶子呈三角形，很像人类的心脏，还因为每片叶子都含有一个完美的心脏图像，颜色也是血肉之色。红花琉璃草（hounds tongue，直译为“猎犬的舌头”）的外观与猎犬的舌头相差无几，并且如果你把它放在脚底便可以束缚住猎犬的舌头，使它不会冲着你狂吠。

神为植物所做的设计，以及因此而具有了神圣感的植物之用途，即便在最卑微的杂草身上也能毫无例外地找到。白屈菜多节的、长满疙瘩的根是用来治疗痔疮的。荠菜肾形的种荚表明它是用来治疗泌尿系统疾病的。风茄的根、枝、叶、果，无论是天然的还是人为修剪过的，都是治疗不育和催情的特效药。被穿凿附会的不仅有植物的外形，还有它们的习性。药用墙草是一种常见杂草，它们的根能够穿透岩石，因此它们可以治疗肾结石。黄花九轮草的花序遇风吹会不停颤动，所以它能治疗帕金森病，即古时的“震颤麻痹”。

科尔斯眼中真正的杂草，即按他的定义出现在不恰当的地方的植物，是那些没有被神赋予药效的植物。乍看之下，这些植物长在大地上没有任何用处。但他也提醒读者不可太快否定它们。它们的功效可能只是还未被发掘出来。然后他又对杂草看似无用却依然存在的现象给出了一个解释——这个解释很容易让人想起维吉尔《农事诗》中朱庇特创造杂草的情节。“如果它们虽无其他用处，却能让人类在除草中受到磨炼，那它们就并非毫无用处，须知倘若人类无须斗争，他们身体里的灵魂之火会熄灭一半。”

药效形象说反映出的绝对的人类中心主义让人惊讶，但以17世纪的状况而言也算情理之中。这一学说的支持者从未想过，植物长成如此形状颜色，也许是出于自身的原因。蒲公英花朵的黄色与吸引昆虫

传粉没半点关系，这一特征明明是在暗示这种植物可以治疗尿路疾病。牛蒡种子上的钩子也不是为了帮助它们传播，而是表明它们可以从毒蛇咬伤的伤口中吸出毒液。核桃（根据药效形象说，是专治头部疾病的良药）则是此类植物中的典型。核桃壳之所以没设计成跟果仁完美契合的形状，就是为了让我们由此联想到我们的大脑，进而领会上帝的智慧。

奇怪的是，药效形象说直到现代也还在影响着草药学。但植物医药学的主流还是越来越倚重以观察为基础的研究方法，这也是为特纳所青睐的方法。英国第一本真正的通俗植物指南是约翰·杰勒德的《草本志，或植物简史》（1597）。书中大部分内容并非原创，而是对佛兰德植物学家朗贝尔·多东斯[55]1583年的一部作品的未具名挪用。但杰勒德对植物充满热情，描摹植物特征时很有诗人的天赋。他的书中提到了约2000种不同的植物，尽管他对杂草（他极少直接使用这个称呼）的记录并不是英语文献中最早的，却绝对是最早对杂草表现出美学层面赞赏的文字。同时杰勒德开始形成了一种现代的、理性的观点。他鄙视药效形象说中那些较为夸张的理念，还曾抨击过此学说的代表植物风茄："关于这种植物已经有太多无稽之谈，我不知这些谣言起于老妪、游医还是药贩……但可以肯定的是，某个或某些想要名利之人就是我所说的这些错误的始作俑者。"他对"游医或药贩"的嘲弄，是植物疗法不同派别大论战首轮交锋中的一次出击，而这场大辩论将在17世纪结束前改变英国的医疗状况。此言一出，三大专业机构立即掀起争论，并因此长期处于对立状态，这三大机构分别是：内科医学院，一直试图规范全英医疗系统的权威机构；药剂师协会，药物的制造者和供应商；理发师医生联合会，有资格进行手术的机构。

约翰·杰勒德本人就是个外科医生，不过当然不属于被他抨击的游医之列。1562年他17岁时，他曾跟随一名伦敦的理发师医生亚历山大·梅森做学徒，梅森晚年还被选为理发师医生联合会主席。但杰勒德真正的兴趣所在是园艺，自1577年开始他便负责管理威廉·塞西尔爵士[56]名下位于河岸街的几处美丽花园。杰勒德自己的花园位于费特巷转角处。他对伦敦了如指掌，看《草本志》的乐趣之一，就是透过他的文字你仿佛亲眼看到了16世纪伦敦的植物景观。他写西敏寺的脐景天"布满了连接乔叟墓和西敏宫的那扇门"；麝香锦葵"长在泰伯恩刑场左边的灌木丛和篱笆中，你从伦敦去老福特浴场的路上就能看到它们"；欧白英"长在柏孟塞街萨塞克斯伯爵大宅花园墙外，靠着壕沟的那边"；红叶虎耳草"长在赞善里的砖墙上"。正如剑桥的神学教授、植物历史学家查尔斯·E. 雷文的评论所说，"如此懂得装点这座城市之

物，纵使犯错也让人不忍计较”。

但杰勒德的足迹遍布整个英格兰，而且他广交好友。他用华丽而又准确的文字描述了当时还很罕见的柳兰及其借用风力传播种子的特点——这个特点使柳兰在3个世纪之后成了一种极为成功的杂草，而他对柳兰的描写得益于他曾经在约克郡找到并亲手种植这种植物的经历：“地下长出的枝条很多，高度可达到6英尺（约合1.8米），枝上缀有极为美艳的华丽花朵，四片花瓣皆呈有光泽的紫色，花的中央是黄色花蕊。种荚较长……里面的种子多毛，可以在种荚打开时随风飞走。”他还在肯特郡“一片白垩土的农田中”发现了一种蓝花琉璃繁缕，这与后来爱德华·索尔兹伯里看到的种类相似，他还记录说这种花的红色种是农民的晴雨表。如果花的花瓣合拢，就说明第二天是雨天，若花瓣展开则说明第二天是晴天。

书中的条目包含了很多这样的民间知识。猪殃殃细长且布满小钩的茎可以用来过滤牛奶，同时也是治疗毒蜘蛛咬伤的良药。款冬的叶子晒干可像烟草一样吸——“还能有效对抗”肺部疾病。开黄花的南茼蒿，让黄疸病人“洗过澡后”服用，能恢复正常的肤色。杰勒德这种漫不着边的写法着实让人不满，好在他的文字有趣，可抵去一些读者的怒气；再者，作为庸医骗术的批判者，他却不止一次地认同一些仿佛巫师调配的邪门药方。有些基于人们长期经验的药物用法较为合理——如用富含单宁的夏枯草叶做止血剂，用薄荷缓解胃部不适。但杰勒德的轻信，或者是他的幽默感，却传达了一些完全不合情理的信息。比如在写仙客来时，他坚持认为孕妇应当远离这种植物；她们甚至应该避免“第二次来到同一片仙客来面前，因为这种植物天然的吸引力，毫无疑问会使这样做的孕妇……早产”。他还向读者保证，自己已经用细网格罩住了自己花园里的仙客来，“以防哪位妇女因为第二次靠近同一株仙客来，而不幸成了我这个说法的验证者”。

当托马斯·约翰逊[57]——约克郡绅士、伦敦药剂师和保王党士兵——在1633年准备出版新版《草本志》、对原版进行“扩充和修正”时，他曾批评作者这段仙客来危险论写得“娘娘腔”，“听信假语村言，而非由理性或经验所得”。他还借着杰勒德关于某种野生芍药的记录——杰勒德声称自己在萨斯弗里特发现了这种植物——散布了一些不利于杰勒德的谣言：“有人告诉我，我们的大作者是先把芍药种在那里，然后假装偶然发现了这个物种，对此我深信不疑，因为在那以前及之后再没人看到过或听说过这种芍药出现在英国野外的任何地方。”（至今在植物保育界依然有人采取这种做法。）

这种程度的攻击算是比较温和的，而约翰逊尽管比杰勒德更信奉实用主义，也远非什么严肃稳重的人。他的职责之一是带领药剂师协会的学徒们做实地考察，以使他们熟悉药用植物，而他记录这些考察的日志读来毫无条理——正如你所想，这毕竟是一帮学生放风撒野的良机。最雄心勃勃的出行当数1629年的肯特郡北部之旅。一个十人的团队分乘两船，于7月13日从伦敦市出发，目的地是格雷夫森德[58]。他们几乎是刚一出发就遇上了风暴，一半人因此被迫在格林威治上岸。随后他们在罗切斯特再次会合，当晚投宿在了一家旅店。喝酒占据了他们大量的考察时间，醉醺醺的状态也几乎贯穿整个考察活动，因此也不难理解，他们此行发现的第一种植物竟然是“酒馆墙上摘下的青苔”。随后几天中，他们徒步穿过了肯特郡的乡村，向着查塔姆和吉灵厄姆的方向，一路找到了不少植物，这其中杂草——其药用价值不输于罕见植物——占据了重要的位置。第一天，他们记录了天仙子、毒参、新疆千里光、荠菜、龙葵、欧白英、药用墙草（在墓地发现）、长生草、三种玄参科农田杂草、臭春黄菊、针果芹、小鼻花和夏枯草。在谢佩岛，他们遭到了昆伯勒市市长的盘问——显然，这么一帮在自己领地上四处游荡的陌生人引起了市长的警觉。但在他们讲出此行目的的重要性后，市长十分满意，还以肯特郡的啤酒款待了他们。之后他们在谷岛上了一艘游艇，“前进了五六英里都没看见什么能让我们高兴起来的东西”——或许把“东西”替换成小酒馆更为准确。“路沿着河岸无休止地绵延。在酷热的白天，我们受着坦塔罗斯般的折磨[59]——被水环绕却无水解渴。”因此，后来他们看见一辆驶往罗切斯特的装满啤酒的马车时，一定高兴坏了。约翰逊给学徒们装上啤酒，然后“懒洋洋地倚在啤酒桶中间”高兴地向他们挥手告别，继续去克利夫寻找大麻和罂粟（用他的话说，不继续工作恐怕“会因为懒惰松散被罚钱的”）。

约翰逊于1643年获得了牛津大学荣誉医学博士学位，1年以后作为保王部队的中校参与英国内战的他，在汉普郡的一次小规模战斗中受了致命伤。同年，尼古拉斯·卡尔佩珀——一位即便算不上名声最好也算名声最大的17世纪草药学家——也在战斗中受了重伤，受伤时他正参与纽伯里战役，只不过代表的是战争的另一方。他们在阵营上的差异不是偶然的。从表面上来看，卡尔佩珀正是杰勒德和约翰逊所谴责的那种江湖游医。他的草药学观点是基于深奥难懂的占星术和朴素的民间常识。但他同时也是个政治激进分子和民粹主义者，在英国革命的战乱岁月中，没有任何医生像他这样致力于建立一个可被平民享受的植物医药系统。为国会军作战时他胸口受伤，并且再没能从这次

重伤中恢复过来，但他在剩下的10年人生里却写出了一部17世纪最出人意料的畅销书。

《英国医生》可以说是一本平民化的草药书，是一本价格便宜、描写生动、易读易懂的自我医疗手册，其中提到的植物都很容易寻得，绝大部分都是本土植物。在卡尔佩珀提到的约330种植物中，有三分之一左右在今天都可被大致归类为杂草。但《英国医生》的“杂草性”表现在更深一层的含义上——这是一本向平凡致敬的书，无论是书中的药材还是药材的用法，都再平常不过。融入当地方言的写作风格使得整本书十分杂乱，但又有一种奇特的吸引力。这本书时而令人入迷，时而时髦可爱，时而不可理喻，时而慰藉人心，时而讽刺，时而好辩，时而执着。作者写到“发怒咬人草”毛茛（很可能是指匍枝毛茛）时，用轻蔑的口吻说道：“到处都能看到，极为常见，谁要是说他找不到，可能是因为他把头插在篱笆里了。”一个完全理性的人可能会觉得这本书偏离了草药书的主旨，反而滑向了迷信和宇宙占星，十分可笑。卡尔佩珀同时代的人甚至也认为这本书明显出自一个自私自利的蠢货之手。但他的怪诞和偶尔的庸医之谈多少因他写作此书的动机挽回了一些分数。这是一本平民的草药书，是为受苦的贫穷大众所写。这里没有拉丁语，没有危险的毒草，提到的植物几乎都能在平常的园子里和乡村小道边找到。正如一名传记作者曾谨慎提出的那样，这本书是迈向全民医疗服务的漫漫长路的第一步。

卡尔佩珀于1616年出生在萨塞克斯郡的奥克利村，出生时父亲刚刚过世2周，死因可能是伤寒。他在外祖父威廉·阿特索牧师家长大，阿特索是伊斯菲尔德村的教区牧师，住处距离卡尔佩珀自己家40英里（约合64千米）远。作为外祖父家唯一的孩子，他在女性陪伴下度过的时间比在自己家时多得多，因此受到了她们在医药和厨艺上的更多熏陶。此外外祖父家门外就是广阔的阿什当森林，3个世纪以后的动画片《小熊维尼》中的百亩林便是以这里为原型，而卡尔佩珀无疑也像A. A. 米尔恩笔下的小熊小猪一样在这里尽情嬉戏。1632年，外祖父将他送到了剑桥，此时他16岁。他来这里是为了学习神学，但无论他或他的家人对这段经历抱有怎样的期望，几年后这段学业还是戛然而止了。尼古拉斯爱上了一个社会地位远高于他的萨塞克斯女孩。这段爱情看起来毫无希望，但凭借着他的冲劲和激情——这也是今后贯穿他一生的性格特点——他成功说服了女孩与他私奔。他们计划在刘易斯的一座教堂里结婚。尼古拉斯从伊斯菲尔德乘马车出发，他的情人则从大宅附近步行。快到约定地点时，尼古拉斯却获知了一个惊人的消息：他的未婚妻在穿过南部丘陵时被闪电击中而丧命。

这场不幸对卡尔佩珀的观念和未来生活产生了深远的影响。他当时已经开始着迷于占星学和宗教激进主义，而这场飞来横祸在他看来既是极为不公的，又是对他冲动行事的一种惩罚。从这以后他的人生有了使命，他要找到能够打破疾病和自然灾难之专横的治疗方法。在未婚妻丧命的几天之后，他便放弃了剑桥的学业，前往伦敦。他到圣殿关的西蒙·怀特的药材店里当了学徒，在逐渐学习草药知识的过程中，他将会学到“长生草”是一种可以“保护生长之地不受烈火或闪电袭击”的植物。由于这次学徒经历，他入选了药剂师协会，成为会员，并在伦敦城东部的斯毕塔菲尔德开设了自己的店铺，身份既是占星师又是草药医生。

这时候的伦敦处于革命之中，成了各种异端宗教狂热和极端意识形态的发酵桶，短暂的混乱被推向了极致：宗教人士、月神崇拜者、政治煽动者、地下出版商，以及招摇撞骗的巫师——比如亚瑟·迪伊之子、伊丽莎白一世臭名昭著的占星师约翰·迪伊医生。再加上当时传染病肆虐、农作物歉收，更为各种思想的滋生提供了温床，于是各式各样自称有治疗能力的人如雨后春笋般冒了出来。空气中到处弥漫着末日将至的危机感，人心惶惶。

局势的混乱也反映在了正统医学界。威廉·哈维[60]通过证明血液的循环和心脏的真正作用，颠覆了人们过去关于人体的认识。哈维是一名皇家医生，也是内科医学院的领军人物，而当时内科医学院正与药剂师协会、理发师医生联合会针锋相对，论战一触即发。内科医学院一直试图将药剂师的工作限制在调制和配发药物上，并禁止他们推荐治疗方法或出售“诡异”的药物。1618年4月，医学院成功令王室发布公告，命令所有药剂师购买并遵守新出版的《伦敦药典》，这本书里详尽罗列了允许他们使用的药物名称以及配药方法，内容精确到每一打兰[61]、每一滴提取液。

《伦敦药典》表面上看来是用药规范上的进步，限制无行医资格的药剂师造成的危害。但实际上这只是内科医学院巩固自身势力和至高权威的举动。假如你认为按当时以及现代的标准卡尔佩珀就是个江湖庸医，那你须得知道《伦敦药典》里批准使用的是怎样的药物名单。药典中的药物按照字母顺序排列，从蚂蚁到狼的小肠，还包括独角兽的角、人的眼泪、捣烂的燕子、蛾、秃鹫脂肪、波斯野山羊小肠里的结石和许多有毒的异域植物，以及一些完全是虚构出来的植物。

在进入这个派系分明的世界时，卡尔佩珀的身份只是一个东部市场的商人。他在自己的店里为人答疑，也在街上叫卖产品、发表演说宣传自己的想法。园艺史学家埃莉诺·辛克莱·罗德[62]用文字再现了他非凡的感染力：“读着他那本荒谬的书时，脑海中一定会不由自主浮

现出他那副老混混（其实是个年轻混混）的模样，他站在街角发表的演讲不但能吸引还能紧紧抓住普通大众的注意力，是因为演讲内容不但易懂还很让人信服。”他痛骂经典宗教著作，吹嘘自己广博的知识，甚至贬低其他占星师。那些通过病人的夜壶内容物进行占卜的人被他戏称为“小便占卜师”。其他大部分同行——那些会根据病人当下病情开药的“受人敬仰”的占星师——被他说成“胡说八道、漏洞百出的人，就像说鸡蛋里装的都是肉那么不可信”。他自己的占星技巧被称为“疾运盘”，需要根据疾病显现或伤害发生的准确时间来绘制盘表，然后只需选择与这个星盘处在同一个占星节点的植物作为药物即可——但卡尔佩珀从未解释过这个神秘的选择是如何做出的。然而绘制星盘时确实需要详细询问病史，这一点使他的诊治具有了——按现代的说法——整体观医学的特点，即治疗时病人和病情都被考虑在内。

无论卡尔佩珀的古怪理论是以何为基础，他的治疗手法在斯毕塔菲尔德及周边地区出了名。他因为便宜的收费和不拘礼节的风格而备受当地人欢迎。一个半世纪以后，1797年5月的《绅士杂志》上刊登了一小段他的速写，说他留着棕色长发，“体形瘦削”，并指出他是一个“出色的演说者，尽管演讲时十分自负，还爱讲俏皮话”，但这些都完全无损他的形象。

他也开始把影响力扩大到更大的范围。他为新成立的占星者协会做演说。他出版了一系列小册子和书籍，解释查理一世被斩首不久就发生日食的意义，介绍产科学，介绍兽医学。但作为一个彻底的圆颅党人[63]，他也碰上了麻烦。1640年，他在刚结婚不久就进行了一场决斗。决斗的原因已不得而知，但结果是卡尔佩珀不得不支付对手的医疗费用，并去法国躲了3个月。1642年，在英国内战一触即发的时候，他因使用巫术被判刑。一个叫作莎拉·林吉的女人在接受他的治疗后，很快就“日渐衰弱”。她指控他与魔鬼做交易，于是卡尔佩珀被捕并被判刑。他在1643年被监禁，监禁地点可能是纽盖特监狱。在国会军离开伦敦前去援救在格洛斯特被围的同志们时（具有讽刺意味的是，围困国会军的正是尼古拉斯的一位保王党远亲——约翰·卡尔佩珀爵士），刚刚获释不久的卡尔佩珀加入了国会军。去途中他们在纽伯里遭遇了埃塞克斯伯爵的军队，激战了3个小时，此战中尼古拉斯·卡尔佩珀被弹片击中胸口。

他再也没能从这次受伤中完全康复，并且将在受伤10年后死去，死时年仅37岁。但这个创伤却似乎对他产生了激励的作用，正如当年南部丘陵的横祸一样。在1648年前后，他接受了激进出版商彼得·科尔的委托，准备将最新版的《伦敦药典》翻译成英语。对于正统医学界而言，此举近乎背叛或亵渎正统医学。内科医学院苦苦保守的机密

即将如杂草种子般传遍天下，每个人都将获得受治的权利。卡尔佩珀译自《伦敦药典》的《医师指南》在1649年8月出版了。卡尔佩珀并不只是对原文进行了简单的翻译，还加入了他自己编写的新内容，其中包括原版中并未包含的100种植物的用法，这一做法使得内科医学院原本高涨的怒火平息了下来。卡尔佩珀清楚地表示，他勇敢地——也可能只是有勇无谋地——翻译出来的是医药知识，更是政治宣言。书的第1页是他签名的“译者致读者信”，这封信铿锵激昂地将政体与人体联系到了一起：

> 我们现在努力争取，也是后人若干年后将继续争取的，是国民的权利……但迄今为止在我的视神经（不管这是入侵我们身体的物种，还是一个信号收发装置，都无所谓）的帮助下，我看到我们的共同财富（不知道这么写是否有语法错误）的权利却被三种人侵害得最为严重，他们是牧师、医生、律师……第一种人骗取人们的灵魂，第二种人骗取人们的身体，第三种人骗取人们的家产。

这本书迅速热卖，并且几个星期之内便出现了盗版。卡尔佩珀信心大增，决定抓住机会，在1651年版《医师指南》中为他即将出版的通俗版指南做广告，称“这本涵盖草药知识的书会在半年内出版”。他的草药书果然于当年秋天如期发行，书名为《英国医生》，副标题写道：“一本完全医疗手册，凭借此书有病可以治病，无病可以保健，仅售3便士，药材全部是英国本土植物。”

以前出版的草药书基本都是为知识分子量身打造的奢侈品。即便是看起来亲切易读的杰勒德的著作，实际上也是以热衷园艺的中产阶级为目标人群的昂贵书籍，与被伤寒折磨的穷人们无关。卡尔佩珀的全新作品却打破了这个常规。正如广告中所承诺的，这本书仅售3便士。植物的排序也不是根据某种艰深难懂的分类学，而只是粗略按照字母顺序排列，从瓶尔小草（adder's-tongue）写到蓍草（yarrow）。书中几乎所有的植物都是英国本土物种，非本土物种只有几个，如菜蓟和核桃，但即便是这些植物也都是花园里十分常见的。（这种做法是出于实用主义的考虑，保证所有草药都能方便便宜地入手，而非后来草药师们宣称的英国植物长在英国土壤中，因此更适合治疗英国人的神秘主义论调。）卡尔佩珀对每一种植物都进行了描述，比如生长地、开花时间和药性用法。每种植物还都被赋予了一个“主宰”星：金钱薄荷的是金星，繁缕的是月亮，荨麻则归于火星。作者并没有解释主宰星的分配原则，但书中偶尔还是有迹可循。比如“水蓼”这个条目下，作者精辟地写道：“热而辛辣之物，受火星主宰，但土星亦对其有影响，这点可从其叶片上的铅灰色圆点看出。”

不过尽管他如此不遗余力地宣扬占星学的重要性，这些理论并未产生什么实质上的影响。我猜卡尔佩珀是希望这些主宰星能发挥某种神奇成分的作用，就好比今天广告里常说的某某产品中含有“×成分”，是一种用来唬人的时髦用语。大部分条目“药性和用途”下的内容，都是药效形象说、宗教经典著作中的药方和大量古老民间常识的混合体。

关于蒲公英的描述十分优美，说它的小花中央“深深嵌入了黄色的点点花蕊”，还说它“受木星主宰”，但说到它疏通“老人和年轻人的尿道”的药效和它的乡间俗名“尿床花”时，又与占星学毫不沾边。另一个与占星学也没什么关系的例子是榕叶毛茛，他用街头小贩般的调笑语气推荐它为痔疮良药，这种植物多节的根与膨大的血管十分相似，因此被药效形象论者认定为万灵丹，书中写道：“父老乡亲们，现在我要告诉你们另一个秘密……痔疮草做成油膏或膏药，不但治痔疮妥妥的，连淋巴结核（英文为king's evil，直译为‘国王的灾祸’）都能治好，但我不知道现在还能不能用‘国王的灾祸’称呼这种病，咱们不是没有国王了嘛……”书里称赞酸模不仅是种好食材，还是种好药材：“像花园里的其他植物一样是种健康的食材，但这种属于我们那个年代的美味已经不复存在了，如今的女人只因为它会把汤染黑就不肯把它放进锅里：傲慢和无知（一对开天辟地时就存在的恶魔）让人把美观看得比健康重要。”

按卡尔佩珀自己所强调的，理解这本书的关键是一种叫作苦艾的植物，这种有刺激性的、长着银色叶子的多年生杂草，后来因为成了苦艾酒的原料而出了名。但这本书里的苦艾词条却与其他任何词条都不同，读来仿佛一个人喝醉后信手写下的杂乱文字，一段发生在火星、金星和作者自己之间的难以理解的对话，一个关于苦艾驱赶蛾子，只因它们两者都受火星主宰的故事。可能这段文字是卡尔佩珀吃下苦艾后所写，不过让他神志错乱的不是火星，而是苦艾中会引起幻觉的成分，亦即苦艾酒酒力的来源。“忧郁的人，”他吃下苦艾后立即写道，“无法忍受声誉被误解的痛苦。”也许正如本杰明·伍利[64]在卡尔佩珀的传记中所说，用意识流的手法为一种最苦涩的植物写作条目，是对苦涩本身的寓言，是一个一生都与权威作战、只因表达异见就差点送命的男人的内心写照。

卡尔佩珀的影响如今依然还在。有一家以卡尔佩珀命名的连锁店，出售的商品是药草，不过比起卡尔佩珀本人书中描写的种类要少得多，植物类型也更侧重于药草园中的植物而非路边的杂草。他的书依然有销路，但我想人们只是把它当作古时候的古怪趣闻来读，而非视其为英国内战时期城市四分五裂之下催生的打破常规之作。当然，

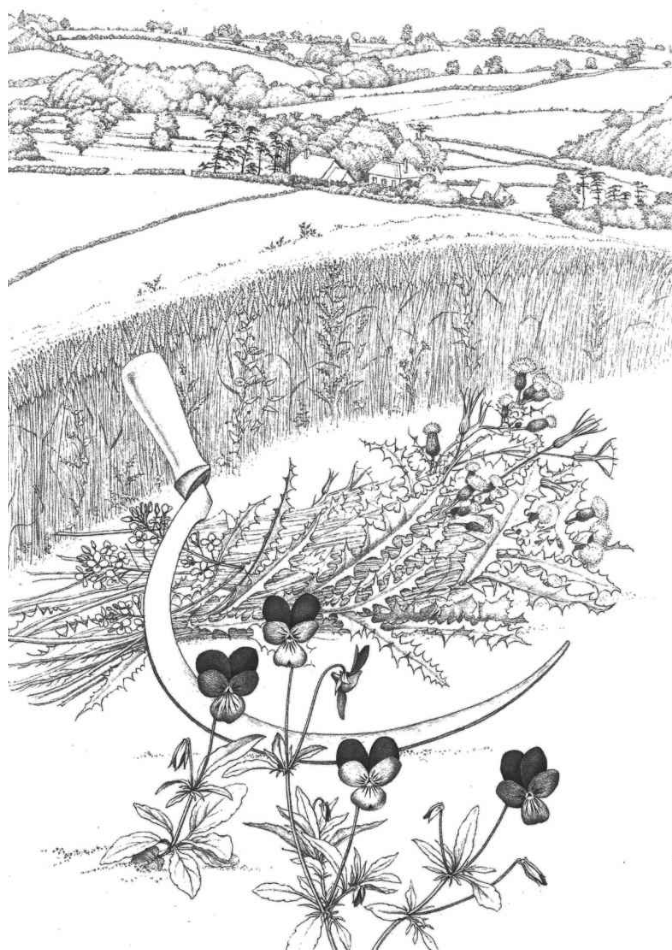
它不再是一本自我治疗的指南，但其中推荐的植物却不太可能伤害到谁。有几种甚至真的有助于缓解一些小病痛，尽管缓解病情的原因并非卡尔佩珀所说的那样。

他留下的最重要的遗产可能反而不那么起眼与明了。他对使用简单、无毒药物的坚持，对大众有权获得药学信息的执着，使他为医药民主化贡献了自己微弱的力量，并推动了药物中古怪离奇之物的剔除。即便是一剂简单的荨麻膏（能让“我们疲惫的身体”清醒振奋）也比捣烂的燕子看起来好多了。

第六章

三色堇

——杂草与三个作家的故事



三色堇是一种常见的农田杂草，从植物分类学上来讲主要指两种植物。一种是三色堇（*Viola tricolor*），也叫静心花，花朵上的图案由紫色和黄色组合而成，对环境较为挑剔，整个英国沙质且为酸性的土壤上皆有分布。另一种是花朵较小的野生堇菜（*Viola arvensis*），有耕地的地方就能看见它们的身影。这两种植物无论大小还是颜色都大为不同，但倘若毗邻而生可自由杂交。

三色堇尽管随处可见、模样有趣，却不常入药。杰勒德认为它们可以治疗小儿惊厥、瘙痒和性病。卡尔佩珀同意这一观点，并做了一些很有他个人风格的补充："这种植物是典型的土星主宰植物，冷且黏滑。由这种植物及其花朵煎煮出的浓汁……是治疗梅毒的特效药，这种草是强力的抗性病药物。"这个药用说明与三色堇平时在人们心目中的形象大相径庭——或者这可能是巫医时代常用的顺势疗法的一个例子：引发某种疾病的杂草同时也是治疗这种疾病最好的药物——因为在平凡世界中，三色堇是爱情的象征。最迟从中世纪开始，它们便迷住了人类，引发了人们各种浪漫的想象。在传统观念中，乡野村民面对野生植物只会看到它们的实用价值，其他形而上的东西他们或无暇理会，或无法理解，可是乡间杂草三色堇被赋予的浪漫寓意无疑证明了这种看法是错误的。

三色堇成为爱情象征的原因不难理解。它的花看起来像一张脸，有两道高高的眉毛、两颊和一个下巴，上面还有看起来很像眼睛或笑纹的细线条。它们常见的外观是暗乳白色的花瓣上有几道紫色条纹，但细细看去每一朵花都各不相同，仿佛是被水彩画笔随意涂鸦出来的。有些花可能会戴着深色眼罩，有些花眉毛或下巴上可能长着紫色的美人痣。我还见过有蓝色和紫色条纹或斑点的三色堇，少数时候还会出现全紫的花朵。

在法国这些沉思着的小脸代表思想者，因此在中世纪时这些花被叫作*pensées*（法语，意为"思想"），后来被英语化为pansy，即"三色堇"。但英语地区的人们从三色堇上看到的却是两张脸，这两个人所做的事情也完全不像思考这么"高级"——他们在接吻，两侧的花瓣是甜蜜的嘴唇，上方的花瓣则是他们的帽子。三色堇在萨默塞特郡的俗名叫作"吻我然后抬起头"，其他地方的俗名还包括"花园门后的吻""在花园门口给我一个吻""给我一个蜻蜓点水的吻""跳起来给我一个吻"，最后这浪漫的命名活动在林肯郡的版本"去门口迎接她然后在地下仓库里吻她"中达到了极致。但它们更广为人知的名字是"静心花"，也许这个名字才反映了它们的用处：摘下一小束三色堇送给爱人，借着花上的亲昵索一个甜蜜的吻，然后心便安宁下来。

三色堇在沃里克郡和英国中西部还有一个更加忧伤的名字：徒劳的爱。这个名字之所以出现，也许是因为三色堇下侧的三片花瓣可以看作一个女人被两个爱人夹在中间；因此这花代表了让人失意的、没有结果的、徒劳的爱。16世纪晚期，这一寓意被沃里克郡最富才华的骄子准确地把握，写进了一个关于植物的诗情洋溢的故事中。

莎士比亚的《仲夏夜之梦》可能是英语文学中唯一以一种杂草的功效为主线展开情节的戏剧。森林中的乱点鸳鸯谱皆由仙王的手下帕克而起，他趁几个主角睡着，把三色堇的汁液挤在了他们的眼皮上。这样等他们醒来之后就会爱上第一眼看到的人。

莎士比亚在埃文河畔斯特拉特福出生长大，对沃里克郡的各种野花和民间故事都了若指掌。因此他理所当然地认为他的观众们也一定很熟悉这些植物，熟稔它们的俗名和逸闻。他的作品中提到了100多种野生植物，并且毫不奇怪，其中大部分都是很常见的植物，亦即杂草。

雏菊，即《爱的徒劳》中所说的“杂色”菊，至少在四部剧中出现过，而在《鲁克丽丝受辱记》中，雏菊不仅象征着处女的纯洁，还象征着春天的来临：

她的另一只纤手，在床边静静低垂，

映衬着淡绿的床单，更显得白净娇美，

像四月雏菊一朵，在草原上吐露芳菲。[65]

雏菊还是溺死的奥菲莉娅手中“奇异的花环”的组成之一——“毛茛、荨麻、雏菊和长颈兰”是花环的材料，但具体所指的植物物种为何，植物学家们和评论家们至今仍争论不休。莎士比亚的观众们应当是知道这些植物的种类和象征意义的。以自然做比喻是16世纪常用的文学手法，莎士比亚则把这个技巧融入双关、隐喻和眨眼点头之间，用得行云流水，但这些比喻都只通行于小范围内，地方性太强，以至于大部分都无法为观众领会。《辛白林》中一段哀婉的台词这样写道：“才子娇娃同归泉壤/正像扫烟囱人一样。”这个比喻听起来十分奇怪，可一旦你知晓“扫烟囱人”在沃里克郡方言中是指黄花掉落后全是绒毛的蒲公英，这个谜就迎刃而解了。

《仲夏夜之梦》中处处是包含植物意象的妙句。这出戏的大部分

情节都发生在一座森林里，虽然这座森林被设定位于雅典附近，可林中完全是英国植物组成的英国景致。不过这片景致并非完全依照现实来编排，各种植物主角们来自不同的季节和不同的生长地。即便是沃里克郡的亚顿森林，也不可能像仙后提泰妮娅那“茴香盛开的水滩”一样，让你随时能采到一束香气扑鼻、五光十色但在不同时节开放的花朵。

《仲夏夜之梦》的情节看似非常简单。雅典贵族伊吉斯策划了一场盛大的婚礼，想撮合女儿赫米娅和狄米特律斯结婚。但她拒绝了这桩婚事，因为她爱的是另一个叫作拉山德的人。于是她逃进森林，却不知身后跟着心怀鬼胎的好友海伦娜，而海伦娜偷偷爱慕着狄米特律斯。但在她们进入森林时，这里已生冲突。仙王奥布朗与他的仙后提泰妮娅发生了争吵，原因是她拒绝将印度小王子（仙后手下精灵所偷）送给仙王做侍者。然后杂草法术登场，一丁点植物恶作剧就把小小的冲突变成了一场轩然大波。

能把自己的知识——比如关于植物的民间知识——变成制造戏剧性情节的工具，正是莎士比亚过人天赋的一部分。假如莎士比亚曾经去学校里学习戏剧，他就会学到这种技巧，伊丽莎白时代把这种手法叫作“灵活转折”。给一种迷信说法、一个谣言、一个神话故事或一个真实的历史事件加上一点巧妙的叙述上的改动，老故事就会焕发出新的戏剧活力。奥布朗的亲信帕克也是制造“灵活转折”的情节推动者。帕克这个形象来源于好人罗宾[66]，他调皮捣蛋又熟稔各种植物。奥布朗因提泰妮娅的固执而伤心，派帕克去取一种特殊植物的汁液并趁仙后睡着时滴在她的眼皮上，如此一来她将“疯狂爱上”睁开眼后看到的第一个生物，可是帕克顽皮得昏了头，把这具有魔力的汁液滴到了几乎每个在森林里游荡的失意的恋人眼皮上。

在这个故事里，莎士比亚将经典神话、英国中部民间故事和喜剧创作结合在了一起。奥布朗把三色堇叫作“西方一朵小小的花”，把它从雅典的边远地方带到了观众面前。但这朵花已经被丘比特的一支箭赋予了魔力，原本乳白的颜色，也“已因爱情的创伤而被染成紫色”——这个描写既忠实反映了三色堇的颜色，也呼应了奥维德《变形记》中桑葚从白色变成血染的暗红色。莎士比亚用他家乡通用的美妙俗名称呼三色堇，叫它“徒劳的爱”[67]，这简直是为故事中饱尝爱情之苦的雅典年轻人们量身定做的植物。但帕克将这种植物的汁液挤在倒霉的主人公的眼皮上这一桥段，并非出自任何民间故事，我想这应该是莎士比亚自己创作的，是一个绝佳的喜剧手法。

要是我自己研究莎翁笔下植物的象征意义，研习到这个程度也就差不多了。但我十分有幸地体验了一把专业人士对这一课题的钻研精神。2005年斯特拉特福的皇家莎士比亚剧团团长格雷格·多兰酝酿着要排一版新的《仲夏夜之梦》，他邀请我与他一起研究剧中自然象征法的运用，为同时拍摄的电视纪录片做素材。他尤为感兴趣的是对提泰妮娅的“水滩”的那段描写，以及这种植物组合为何具有非凡的魅力：

我知道一处茴香盛开的水滩，

长满着樱草和盈盈的紫罗兰，

馥郁的金银花，芗泽的野蔷薇，

漫天张起了一幅芬芳的锦帷，

有时提泰妮娅在群花中酣醉，

柔舞清歌低低地抚着她安睡。

这个植物名单确实十分古怪。这些植物尽管都是野生的（只有麝香蔷薇[68]除外），但算不上是杂草。不过它们之间差异之巨，足以让人忽略它们那小小的相似之处。它们中有灌木，有攀缘植物，也有小型丛生的多年生植物。它们的生长环境各不相同，开花时间也分散在一年的不同时节。

这不仅为解读剧本台词带来了困难，还给整个项目的运作安排出了个难题，因为格雷格希望能在真实的植物旁边拍摄讨论的过程。我们细细比较了不同的地点，权衡距离的远近与景致的优劣，查看很长时间内的天气预报，最后终于选定了奇尔特恩的一处风景绝佳的白垩丘陵，那里我还算了解，并且我估计在那里我们能拍到提泰妮娅“水滩”上6种植物中的4种。我们向着特维尔[69]的风车进发了，那时距离仲夏节只有几天。“樱草”（西洋樱草）和“紫罗兰”（香堇菜）早过花期，但我们还是找到了“芗泽的野蔷薇”（多花蔷薇）和一片货真价实的“茴香”（红花百里香）盛开的“水滩”（河岸）。

我们坐在岸上向山谷中的村庄望去，品味着提泰妮娅那诱人的植物群。赤鸢和——刚刚回到这片丘陵——乘着上升气流盘旋，这景象与莎士比亚时代的天空别无二致。我们下方是白垩土壤包围着的麦田，看起来像是要被旁边大片大片朱红色的烟堇点燃了。这种杂草得名于它纤细的灰绿色叶子，它们看上去很像雾气——*fumus terrae*，直

译作“大地之烟”。但此时此地，花正怒放，一点不似烟雾，而像“大地之余烬”。格雷格告诉我，莎士比亚描写疯掉的李尔王的花冠时曾提到过这种植物的俗名“地烟草”：“高声歌唱，头上插满了恶臭的地烟草、牛蒡、毒参、荨麻、杜鹃花和各种蔓生在田亩间的野草。”将杂草编成头冠，这就是李尔王丧失心智的铁证。听格雷格吟诵着这些台词，我能够感受到这些植物名字中蕴含的力量，那种迸发出的屈辱感。他跟我说，《仲夏夜之梦》的写作缘由是为了庆贺莎士比亚一位赞助人的婚礼，里面有很多私人的和当地的玩笑。帕克的一个精灵朋友就唱了一段关于黄花九轮草的歌：“黄金的衣上饰着点点斑痣；/那些是仙人们投赠的红玉，/中藏着一缕缕的芳香馥郁。”她把这种花叫作“近侍”，它得名于伊丽莎白一世那些穿着奢华的金色刺绣戏服跳来跳去的内臣们。

我们仔细研究了提泰妮娅的那些花，在我看来各植物间唯一的联系就是浓烈的香气。红花百里香香气宜人，杰勒德的《草本志》出版于1597年，比《仲夏夜之梦》首演晚一年，书中形容这种植物“芳香扑鼻”。堇菜是野生花朵中气味最为香甜的，莎士比亚常在作品中提及它。《冬天的故事》中说堇菜“比朱诺的眼睑或希赛利亚的气息更为甜美”。金银花为忍冬属，它的花在夜晚香气尤为浓郁。“野蔷薇”（多花蔷薇）的叶子有一股迷人的苹果清香，这一点在雨后尤为明显。麝香蔷薇只看名字便知其芬芳。以上几种植物中没有一种是真的具有催情作用的，但它们那具有诱惑力的香气很可能会扰乱提泰妮娅的心神，而非平静她的心绪。于是她“跳舞作乐”，而非一夜酣眠。

只有樱草看起来有点格格不入，它既无芳香也无什么象征意义。这并不是植物学意义上的高报春（*Primula elatior*，仅分布于东英吉利，在莎士比亚的年代还未被发现分类），而是一种分布极广的欧报春和黄花九轮草的杂交种。格雷格认为樱草可能是某种朋友间的私密玩笑，也许诗人赞助者的绰号叫作樱草，更有甚者，是指赞助者的未婚妻。我怀疑“樱草”（oxlip)的出现不过是为了增添更多的“l”音：野生（wild），紫罗兰（violet），芗泽（luscious），野蔷薇（eglantine），平静（lull）；甜蜜悦耳的“l”，象征着爱（love）与欲（lust）的“l”。第二幕第一场结尾，还出现了脱落的蛇皮这样富有色欲意味的场景，“发亮的皮”就躺在群花的水滩上。与此用法相似但寓意完全相反的是李尔王花冠上的杂草——牛蒡（hardocks），毒参（hemlock），荨麻（nettles），杜鹃花（cuckoo-flowers）——充满了讨厌的“k”。李尔王的花冠听起来让人不舒服、暴躁，而提泰妮娅的花床则充满诱惑力，即便对植物本身一无所知也能感受到这些情绪。两个植物名单就像是戏剧中的“法术”，在作者的安排下不仅从意义上，还能从声音上引发观众的喜爱或厌烦。

诚然，在莎士比亚的所有作品中，他的语言都是多层次的：有明写，有暗喻，同时又朗朗上口，三者结合，音、形、意兼备。他以杂草作喻的手法应用自如，表明杂草在民间并非（或者至少在当时并非）表面上看起来的这样单纯、只被认为是农业上的祸害，它们还有更深刻的文化和生态上的内在含义，而这些含义都像基因一样被编码在了它们的名字中。

2个世纪之后，诗人约翰·克莱尔对三色堇的命名提出了不同的看法。1820年，他出版了自己的第一本诗集——《描绘农村生活和景色的诗篇》，并引起了轰动，轰动的原因简而言之就是他完全不避讳使用当地方言写诗。这些诗里有许多关于野花杂草的鲜活而亲昵的描写，克莱尔——史无前例地以一个全新的角度——用与同伴乡亲交谈的语气赞美了它们。“欢迎你，老伙计！”《致四月的一朵雏菊》这样开头，“赞美你，美之珍宝！蔑视时间与地点/毫不在乎地在粪堆旁边蔓延。”

《描绘农村生活和景色的诗篇》一书深受散文家利·亨特[70]的妻妹、园艺作家伊丽莎白·肯特喜爱，她在自己的著作《本国之花，或便携花园》（1823年由泰勒和赫西出版社出版）中提到了这些诗。“泰勒和赫西”也是克莱尔的出版商，于是出版社向克莱尔免费赠送了一本肯特的著作以表敬意。克莱尔十分喜欢此书将朴实实用的园艺知识、充满感情的植物介绍和诗一般的暗喻散漫结合在一起的手法，而肯特无疑也在书中称赞了克莱尔的花草诗（尽管她的语气十分傲慢）：“要说花的语言，没人比想法单纯的农民诗人克莱尔理解得更好，他的作品就像一片美丽的乡村，有着各种树木、草地、荒原和花园。”很快克莱尔就回信给出版商赫西，附上了一些他所做的当地花草的笔记，他曾打算将这些笔记结集成书，而整体而言，与莎翁的作品相比，这些笔记更能直接反映野花与人之间的关系。信中他这样写三色堇（在欧洲荚蒾和欧石南中间）：

> 它们被我们叫作“堇菜”和“粉色约翰花”，但我不知道这些名字的来源。这种花有一个田野中的野生种，开着很小的黄花，叶子则跟在花园里种植的那种一样。我为了观察它如何从野生种向栽培种变化而尝试自己种植，但它实在太喜欢野生的环境，我无论怎么努力也种不好，最后只好放弃，任由它们长在农田里。我十分喜欢肯特为它所起的一些名字，“蝴蝶兰”和“翼兰”都十分契合它的特点，前者尤佳。我不喜欢L.亨茨取的“闪闪亮”，这名字不适合花，倒适合酒。

克莱尔是否也觉得“徒劳的爱”不适合三色堇，认为它太过矫揉造作和都市化？这个名字在他的家乡北安普敦郡也有使用，但他从没提起过。打从一开始，他对植物的热情就集中在它们的生命力和独立性上。他把它们当作与自己平等的生命来写，它们有自己的生活规划和家园。他的诗中满是精妙的隐喻，写它们的民间用法和文学联想，但他最重要的写作内容永远是这些植物本身，而不是它们的各种象征和寓意。在这一点上，他与莎士比亚有着根本的区别，而对这一区别他从来都直言不讳，尽管他对莎翁的作品熟悉又尊敬。1824年，在一封与花有关的信中，他就一种俗名叫作“杜鹃”的植物发表了自己的看法：

> “碎米荠”……被我们叫作“欧丁香”和“淑女的外衣”，但除了在书上看到过，我从没听过有人叫它“杜鹃”。栎林银莲花也会被孩子们叫作“淑女的外衣”。但通常人们称为“杜鹃”的是红门兰属的一种植物……这是我知道的“杜鹃”，春天它们会挂上蓝色的铃铛，那是“袋状的杜鹃花苞”。我经常提到这种植物的花是紫色的，内壁有暗色斑点，它的叶子上也有黑点。它们总与杜鹃鸟同时出现，在我心目中它们才是英国唯一的“杜鹃”花。随那些莎士比亚评论家怎么说，对我而言就算莎翁本人在这个问题上也没有权威，像我这样一直以来都是乡野村夫的粗人只把这种植物叫作“杜鹃”，而在这种植物名称的事情上，粗人总是最有发言权的。

对克莱尔而言，“粗鄙”是价值与真实性的检验标准。“粗鄙”中包含了平凡、卑微和不造作，而这些正是他所崇尚的人和自然的品质。伊丽莎白·肯特后来在对克莱尔的夸赞中写道（这次语气恭敬了许多）：“这位诗人是一个真正的热爱自然的人：大自然即便麻衣荆钗，也依旧能打动他。即便只是看到一棵小小的杂草也会让他喜悦。”克莱尔极少公开使用拟人手法，但对他而言杂草就像是植物世界中的贫苦农民——随处可见，有一种谦逊之美，不被人重视；有用，却常被误用；会惹麻烦，没错，但它们也只是在尽自己所能过好自己的生活。他在1827年创作的《牧羊人的月历》可能包含了英语诗歌中关于杂草的最长段落，诗中他描述了除草人的工作过程（除草者使用的工具还跟300年前塔瑟描写的一模一样）以及他们如何处理除掉的草：

> 每日清晨除草者们集合，
>
> 从麦田里除去蓟草，并任它们在烈日下枯萎。
>
> 那么多杂草都开了花，

鲜红的虞美人气味难闻，惹人头痛；

田芥菜金黄如太阳，整个五月都铺满田地；

斑鸠菊喜欢长在仿佛泼过酸液的恶劣地方，

即使是危险的道路旁，也有它们紫色的花朵，

它们的叶子像蓟一样长着刺，

但密密地长着，不会刺伤别人，

若是被孩子们用力握住，刺便会像毛发一样软缩；

金色花蕊，如繁星般的红色花朵，

是害怕夜晚和大雨的琉璃繁缕，

它们常被叫作“牧人的晴雨表”，

它们会一直沉睡到太阳把雨水晒干，

然后才醒来打开低矮的花，

然后再次合拢沉睡，

除草人看见，便说要下雨了，

嘲笑它们太早闭拢的男孩们，

管它们叫作“正午就睡觉的约翰”；

烟堇也是个因迷信说法而出名的植物，

它们开着红色和紫色的杂色花朵，

除草时节姑娘们将它们采下，

在水、奶和乳清中煮沸，

节日时用来清洗，

让她们更加美丽光洁，

洗白夏日晒黑的双颊；

简单娇小的勿忘我，

引诗人们注意的柔和的蓝花瓣中央，是一点黄色花蕊。

这些花被众人毁坏折磨，

在充满希望的甜蜜的五月，

它们寂寞的快乐也被剥夺。

每当看到自己的孩子在花园中嬉戏，

妇人们便想起童年回忆，

于是止住手中的杂草钩，

放过这些花儿。

莫莉·马胡德[71]在《作为植物学家的诗人》一书中指出，这个场景是十分喧闹的。克莱尔可能是人群中唯一一个清楚地知道自己对语言着迷的人，但所有除草者都喜欢闲聊八卦：小伙子，姑娘，甚至是老妪（除草这种活男女老幼都能做），指指点点，聊天，可能还时不时把一些古老的药草（如烟堇）塞进围裙的口袋里。在克莱尔眼中，杂草也是这谈话的参与者。他对它们有一种休戚与共的感情，仿佛大家都是同一片土地上的伙伴。在一个不熟悉的地方偶遇荠菜，他会叫它“古老的邻居……它的每一个特征都惹人喜爱”。对于雏菊他说：“小小的雏菊有着金色的花蕊和银色的花瓣，脸上还带着一抹柔和的绯红，无论是在我们这里的低地沼泽，还是在瑞士的高山上，它们都是如此美丽——如果它们也会长在高山上的话。”

我们不知道克莱尔是如何做到用丰富的笔触把田间劳作写得如此熠熠生辉，他明明是亲身参与劳动的一分子，而非只是远远看着做些感性的抒情。克莱尔自己也是名除草工，这个工作在美洲被形象地称作“弯腰劳动”。他知道，若想控制杂草们“具有破坏力的美”，除草工作就是必需的，并且他很可能也同意诗人、评论家杰弗里·格里格森[72]（克莱尔的一位早期推崇者）所说的：“当我看着男人和女人弯腰在作物间忙碌的身影，我就意识到这对他们来说并非什么愉快的事情。”但对克莱尔而言，弯腰也是一个习惯动作，一个不由自主的反应，一种与大地亲近的姿势。他经常说要“放低自己”，近距离凝视一株植物或一只昆虫，或者是把诗歌的第一稿写在旧种袋和粗麻布糖包

上。他的举动像是鸟儿一样，好奇，随性，却又饱含深情和理解。克莱尔想要成为大地生态群中的一部分，想要从大地的角度看这个世界。正如我们从丢勒的《大片草地》中所看到的那样，这样的心态，这样炽热的目光中，这些卑微生物的重要性——以及看起来的比例——都会大为不同。“以前每到星期天，”他在一篇日志中写道，“我总是喜欢躲在树林里，而不是去教堂。我舒服地猫在叶子中间，躺在长满青苔的岸上，树下的蕨菜长着冷杉一样的叶子，然后我就这样保持一种‘奇特的静止状态’，花好几个小时看小虫子在高高的草茎和宽宽的叶子上爬上爬下。”一片杂草变得如森林般丰富。一棵“巨大的猪草”（可能是独活属植物）也有着“大树般”的威严。一片在彩虹下开着花的荆豆也变成了“金色的海洋”。他的几首写给杂草的诗题目都很长，仿佛是为了补偿这些植物的低调谦卑，比如《致孤独的野外默默开着的一朵不起眼的花》《一朵沙漠之花的周年纪念》。

在这样热切专注的目光里——用艺术史学家伊丽莎白·黑尔辛格[73]的话说——“映入眼帘的都印入了心间”。任何看起来对植物很重要的东西——茎上保护性的卷曲，花瓣上的斑点——对克莱尔有同样的重要性。他的描述不但精准到每一个小细节——“边缘有褶皱的雏菊，明亮的古铜色的毛茛”——还包含着一个真正的生态学概念，即即便是最不起眼的“荒野之草”也与它的生长地和生长地上的其他所有生物有着生物学上的联系。（“荒野之草”是一首歌谣的名字，这首歌谣与尊严有关——既包括克莱尔的尊严，也包括植物的尊严——并且结尾时克莱尔没有“采下娇嫩的花朵”，而是把整个植株连根带泥地带回了自己的花园，让它在这里安全地生长下去。）在《斯沃迪泉的挽歌》一诗中，随着情节发展，他一步步得到了逻辑上的——以及生态学上的——结论，并且这首诗是以“一块地”的口吻写作的。斯沃迪泉是海尔普斯顿南部边界一块长满草的公地，但它不停地被滥用，被翻耕种小麦，被开采沙子，被剥去草皮。克莱尔给了它一个发声的机会，以哀悼它的命运，并讲述那依赖它存在的复杂的生命网络。杂草也是这个系统中的一部分，有利于保持水土，还可以为昆虫提供食物：“蝴蝶可能将要飞来/而我已无力养活它们。”

在一首为千里光而写的十四行诗中，他把这种杂草放在了最适宜它生长的环境和季节里描写：

用丰富的美丽装点着荒地

比如草甸，比如在肥沃田地间辟出一条马车道的田埂，

没有你这些地方将沉闷且毫无生机

只能被骄阳暴晒，荒无一物

克莱尔对千里光恬静、朴实的赞美，清楚地说明了在单纯的生态学考量的基础上，我们对杂草的看法发生了哪些变化。如今千里光被认为是危害最大的英国本土植物之一。它含有一些生物碱，若是被食草动物大量食用，将对其肝脏造成不可逆的伤害。动物们会在痛苦的症状中死去，比如无规律的肌肉抽搐，这种症状也被称为“蹒跚症”。现在农场动物的中毒事件中有一半都是由千里光引起的。1959年出台的《杂草法案》中便包括千里光，2003年又出台了更有针对性的《千里光控制法案》，这个法案要求土地所有者采取行动防止千里光的蔓延。养马人（马是千里光的常见受害者）更是把千里光当成传染病处理，不惜付出任何代价根除它，除草方法包括大面积喷洒除草剂。

但倘若进一步审视就会发现情况并非这么简单。在其他草料很充足的时候，无论野生动物还是家畜都不太会食用千里光。大部分的中毒情况都源自混进饲草中被割下晒干的千里光，或者喷了除草剂后枯萎缩小的千里光（这种植物干枯后毒性依旧，但却变得不太容易被动物辨认出来），后者颇有讽刺意味。但在克莱尔的时代或更早的年代，千里光似乎并不是什么大问题。它的毒性是早为人类所知的，可我没能在任何早期的农业手册中找到关于千里光的内容。植物的俗名通常是判断其在人们心目中形象的可靠标准，而千里光的俗名中有的与外形有关（黄草、黄杂草），有的与它难闻的气味有关（臭比利、母驴屁），或者是跟开花时间有关（夏末草、使徒雅各草）。只有一个很罕见的俗名蹒跚草是与牛中毒后的症状有关。

尽管克莱尔对花草的感情不同寻常，但他同时也是一个下地干活的劳动者，假使那时的千里光也像今天一样能让动物失去行动力，想必他就不会这样饱含深情地赞美它了。是当时的千里光比较不常见（可能性不大），还是当时的处理方法更好，又或是那时候的人们明智地对千里光敬而远之？无论原因为何，克莱尔眼中的千里光都只是夏日景致中美丽的装点之一，即便它们会长在有马行走的“马车道”旁。他的诗中从未提到过当地人对这种植物的憎恶（写到其他物种的时候倒经常提及），这表明那时人们跟这种植物的关系十分友好。它是一种受人尊敬的杂草，而非被妖魔化的怪物。

……我所到之处

你那大片的闪光的花朵都密实地遮蔽着

被太阳晒成棕色的草地

色调如此绚丽，明艳耀眼到

炽烈的阳光都被衬得惨淡

从诗人的这股柔情到2003年的《千里光控制法案》，中间经过了一个漫长的过程。时过境迁，克莱尔的许多杂草诗之所以那么有感染力，正是因为它们是挽歌，是对花开遍野的大地的纪念，而这样的大地已经被人类破坏，与人类渐行渐远。1809年，克莱尔16岁，国会通过法案，在海尔普斯顿和它周边的四个区进行圈地运动，而这些地方就是克莱尔的“整个世界”。在接下来的11年里，他所熟悉的这片栖身之地发生了天翻地覆的变化。大片的农田被拆分并围上栅栏，零星分布在私有农场的夹缝中。溪水被截流，以便将新的排水沟建得直直的。道路被改建得更加笔直或是被封锁，老树被砍倒，第一块“严禁擅闯”的牌子竖了起来。最让克莱尔（很有讽刺意味的是，他还是为新农田搭建篱笆的帮工）心痛的是，他从小撒欢玩耍的公地和荒野都被翻掘。1821年，圈地完成后的第二年，他出版了第二本诗集《乡村吟游诗人》，在书中的同名诗里他宣泄了自己对杂草死去的怒火：

曾经的那些春日里，雏菊银色的花苞

像雪一般撒在每一块草地上；

曾经的那些夏日里，毛茛的花苞

像金色的阳光一样，放着最明亮的光彩；

树木曾经在卢宾的头顶成荫；

小溪曾经欢快地沿着山谷潺潺而下：

可如今小溪不在，驴蹄草和雏菊已经凋零；

荒野哀悼着最后一棵倒下的树，

只剩下稀稀落落的孤单的灌木，在讲着哀伤的故事。

在克莱尔的诗中，失去熟悉的地方和失去童年的快乐单纯是紧密相连的。在《童年》（第一句就是“过去是个有魔力的词/太过美丽因此无法长久”）一诗中，他描述了他还是个小男孩时玩的游戏——他与他的朋友们是如何用杂草做成花束，如何把摘下的没有根的花种在土中，假装这是自己的花园。他们还会举行杂草野餐：

锦葵的种子做奶酪

天仙子做长条的面包

牛蒡叶子是我们的桌布

铺在我们的石头桌子上

爬在篱笆上的旋花

就当作我们的酒杯

我们用这夏日之草

开一场快乐的宴会

这些美好的经历“已被时间偷走”——不过在他猛烈抨击圈地运动的战歌《回忆》中，他清楚地表明，让他如此失落的除了无法阻挡的时间，还有“波拿巴”地主们的贪婪：

我曾在兰利丛[74]边游逛，但如今山上已不见了它的踪影

我在库珀格林迷路，这里是一片陌生寒冷的沙漠

克劳斯欧克牧场在衰败前写下了自己的愿望

掠夺者和利己者的斧头又砍倒了一个猎物

今天的库珀格林是一片宽广而平凡的耕地。自圈地而始的农业集约化和社会单一化进程走到了一个合理的结局。一个复杂的生态系统和群落资源变成了单一化的种植。克莱尔在这片公地被破坏前为它写下的赞歌中，曾梦想着有人来对这片土地进行开发利用，挖掘沙子，采集药用杂草，或者像他一样喜爱这些恼人的植物所表现出的顽强活力，比如“暗色调的毒参”、难闻的天仙子和“黑暗之刺长遍荒野”的荆豆。

许多无名的杂草，

被人忽略，于是活下来散播种子，

被那些只会用气味来判定花朵的人

厌恶地看着

杂草，正合我心意，

因此我要来找寻你，库珀格林！

并不是所有的新式农民都是自大的“波拿巴”地主。少数几个人怀着真正的好奇心观察着自己地里长出的植物，并用诗人一般的清明文字描写它们。

1748年，一个叫作佩尔·卡尔姆[75]的芬兰年轻人来到了英国，想要研究和记述农业革命的进程，而这个年轻人正是瑞典博物学家林奈的门生。他此行是专程来见著名的改良者威廉·埃利斯的，埃利斯在奇尔特恩的小盖泽顿务农，正在试验不同的杂草控制法和牧场管理法。这两个人为杂草文化史留下了一份角度完全不同的文字记录，即如何让杂草在农场生态中乃至家乡经济中发挥作用呢？

威廉·埃利斯的农业著作写得十分直白，他也指出只要当地的状况不变，自己就是优秀传统技术的支持者，而不太倾向于改革创新。比如在《实干的农民，或赫特福德郡农民》一书中，他对杰思罗·塔尔的全新马犁装置的夸赞就不甚热烈，只说它“是个美观、巧妙的发明，可以降低用人犁地的成本（每亩地约为7先令）”，而且还是在用对犁头的情况下。“赫特福德郡常见的轮式犁”也不好，因为“它的犁铧离作物行不够近，无法铲起豆子根部的霉，因此无法将其消灭；因而大部分豆类的收成都不佳”。应该使用的是“河谷脚犁”，因为它可以离作物行更近。但他还是更喜欢用手拔除杂草，尽管这样成本较高。

最为有害，也最让除草工讨厌的杂草是一种周期性入侵豆田的植物，埃利斯把它叫作“兰利牛草”（Langley-Beef）。这名字听起来很华丽，实际上它是一种古英格兰的低矮杂草。这个名字其实是从法语*langue du boeuf*演变而来，指粗糙的牛舌，写作“兰利牛草”是化用了盖泽顿以东5英里一个叫金丝兰利的村庄名，以便当地人理解和发音。据我搜集的资料显示，全英国也只有这里才使用这个名字，不过约翰·杰勒德使用的是更接近法语的“兰德牛草”（Langde-Beefe），这种植物之所以叫这样的名字是因为它的叶很像牛舌。它的叶片摸起来粗糙且有突起，植物底部有一些膨胀的小包，而且这种植物有一种街头小流氓的气质。（我的朋友马克·科克尔第一次看到这种植物就管它叫“恶棍”。）如今“牛舌草”（即毛连菜）依旧会时不时出现在小盖泽顿的农田周围，但在埃利斯的年代这种杂草可是个大麻烦。“虽然我不敢说这种植物会彻底毁掉豆类作物，但它会伤害这些作物，使得收

成只有原先的四分之一。它们长得茂密，种子是借风力传播的，所以在我们收割豆类时，这种杂草的绒毛会四处乱飞，干扰劳动者干活，劳作者们会被迫吸入很多绒毛；最独特的是，有些人一生可能只见过这种杂草一次，有些人则经常见到，因此农民们完全搞不清它们出现的原因。但它们最让人惊叹之处在于，它们永远不会杀死豆类。”这因牛舌草发出的赞叹正如克莱尔所说，人们对当地野生植物的审美标准从来都没有严格的定式。

埃利斯还知道豆类作物可以固氮，三叶草则可当作一种特别有效和温和的控制杂草的手段——如今因为杂草对化学除草剂的抗性越来越强，我们在探寻其他除草方法的过程中也重新发现了这一点。“三叶草……也能在翻掘后的土地上长成一片，这样能为人们省下每年花在除草上的大把金钱；这种草完全可以胜任去除杂草的工作，并且不会造成除草工们除草时踩踏作物带来的损失。因此这种植物可以被信赖，在清理杂草和废物的工作上没有什么方法比使用三叶草更好。”

佩尔·卡尔姆在3月的最后一周来到了埃利斯的农场，这时草场和农田野生植物都还没有开花，不易辨认。因此他只能用一种间接的方法来分析这草量丰厚的草地上都长了什么种类的植物。他把仓库里晒干的饲草分类（田野生态学家们至今仍会时不时使用这种方法），并从中鉴别出了24种植物，其中只有9种是草类。剩下的都是阔叶植物，包括如今被认为是牧场杂草的几种——北车前、雏菊、蓍草、矢车菊、山柳菊。让人惊讶的是，在饲草中“占绝对优势”的是一种常见的杂草——百脉根，约翰·克莱尔叫它“山羊脚趾”，也有人叫它“淑女的手指”。卡尔姆带了一份样品给埃利斯看，请他确认“这是他在著作《现代农民》中赞为无与伦比的、比其他草类都更快生根落地的‘淑女的手指’……他心中最完美的饲料，可供喂养骑用马、鹿、羊、兔子和牛——以及其他溢美之词”。（现代研究指出，许多如今被人唾弃的草场杂草其实比饲草有着更高的营养价值，这些杂草试图在饲草中生长，但却总被除草剂杀灭。反刍动物们所必需的钴元素，在车前草和毛茛中的含量比饲草高160倍。蒲公英、异株荨麻和蓟草所含的铜最高可达饲草的5倍，铁的含量也是饲草的1.5倍。食草动物缺镁会患上“饲草性肢体抽搐症”，草料中镁的含量约为0.4%，但在菊苣、长叶车前和蓍草中却超过1%。）

卡尔姆在农场一直待到4月，查看当地那些巧妙和低成本的做法。在白垩土地区对庄稼危害很大的蜗牛被捉来喂猪，这样养出的猪肥壮得鬃毛都脱落了，肉质也“可口和鲜美得无以复加”。冬青丛经过修剪后，可以在上面晾晒衣服。一束束的红花百里香和狗蔷薇被种在

托敦厚采石场的石壁上，这些植物似乎提高了这里的湿度，并且“它们那新鲜的绿意和怡人的芳香可以保持几个月”。

他还详细记录了当地用荆豆做燃料的情况，面包炉尤其常用这种燃料。荆豆在奇尔特恩的酸性土壤高原上长势甚好，作为杂草它们会侵入条件较为恶劣的草场，因此一直被人厌恶，尽管对于食草动物而言它们其实是营养极为丰富的食物。但在这里人们却任由它们生长，因为它们是一种极佳的燃料。卡尔姆对这一情况的描述带有一种近乎克莱尔式的细致精确：

> 因为（荆豆）不断被人们砍下做燃料，现在它们只比手掌宽度略高。几个男孩一起来到一个地方，用带来的一种长柄镰刀贴地割下荆豆……刀片的厚度只有约1/4英寸（约合6.4毫米）。刀只有一面锋利，因此只能供右利手的人使用；也可两手一起握住刀柄，右手在前，离刀锋更近。铁质的刀片安在木质长杆上，刀片用来固定在长柄上的部分与柄呈一个很小的锐角。所以使用这种镰刀收割时人不需要弯腰……男孩们用这种工具割下荆豆、蕨菜、老了的青草以及其他任何需要的东西，然后把它们耙成一堆，再分别扎成很多捆。他们用黑莓的细蔓做捆扎的绳子。负责捆扎的人一定要戴上厚实的手套，因为荆豆和黑莓都是多刺的植物。

当地的蕨菜收割后用途更广。它们被砍下后堆成一垛垛，用来：

> 代替木材做烧火的材料……我在小盖泽顿及其周围漫步时，总会看见这些蕨菜茂盛地长在用来放牧的草地和丘陵上……我们在好几个地方都看见人们把蕨菜收割来做燃料。在小盖泽顿附近的布里奇沃特公爵公园，有一座大型砖厂，这里大量生产着砖块。放进砖窑用来烧干砖头的燃料通常是一捆捆的山毛榉嫩枝，但更专门的燃料其实是这种蕨。我们看见砖厂的院子里摆放着大堆大堆盖着茅草的蕨。人们说这种蕨燃烧时火势比很多木材都旺得多……一位当地的杰出人士告诉我说，以他长久的经验来看，他能证明蕨菜是最好的燃料之一。他用蕨来烤面包和做很多其他事情。在许多地方都能看到人们采集蕨菜并混上稻草，用来给农场动物做褥草，等褥草腐败后刚好可以做肥料。蕨菜还可以用来铺在地面，上面堆放麦子、豆类和玉米。

有生以来的大部分时间里，我都住在距离小盖泽顿只有几英里的

地方。这里的公地上依旧长着大片的荆豆和蕨菜。佩尔·卡尔姆的导师林奈曾于18世纪30年代造访这里，据说到了以后他欣喜若狂，直感谢上帝让他见到了花朵盛放的荆豆。1866年，激进的当地地主奥古斯塔斯·史密斯组织了一次直接行动，成功阻止了要将这里的一大片土地改作垃圾场的决定。在篱笆被拆的那天，当地人民蜂拥到了伯克汉姆斯特公地并捡拾荆豆的小枝条留作纪念，以庆祝这片土地再次回到大家手中。在20世纪20年代这些公地被廉价卖掉之前，当地的人们一直在用温和的方式做斗争，争取让他们的杂草资源生存下去。每年专门有荆豆和蕨菜的“休养季”，即6月1日到9月1日。8月31日晚上，人们都专心地等待着教堂半夜的钟声，钟声一响，所有人都冲出来收获他们宝贵的杂草，就像一群淘金者一样。

第七章
牛膝菊
——唯利是图的杂草

多年以来，我有幸在多个场合跟世界植物学的中枢——英国皇家植物园邱园合作。20世纪80年代我创作了一部关于邱园历史的电视纪录片，片子主要讲述的是维多利亚时代人们对“造物奇迹”（the Wonders of Creation）的浓厚兴趣[76]，以及探险家们从殖民地源源不断带回来的新物种为何被视作一种天赐之福。几年之后我去邱园采访，报道1989年[77]的十月飓风是如何将邱园这一植物宝库摧残成支离破损的残骸。但无论如何，生活仍要继续。就在飓风发生的数日后，我亲眼看见邱园的科学家匍匐爬行在被连根拔起的样本树木之间，原本深埋地下的菌根全被掀出地面并交织在一起，使这些树全都动弹不得。

在这两次难忘经历之间的某年夏天，我花了一个月写了一本书，介绍邱园那蜚声世界的植物插画收藏。这些画被收藏在园内的植物标本馆，并按物种（而非作者）分类摆放在以同样顺序排列的标本旁边。精美绝伦的18世纪月季画可能与晒干的真月季花瓣只有一纸之隔，两种不同的表现形式一齐呈现着鲜活的植物。

邱园的插画收藏超过100万件，令人叹为观止。其中有像勒杜泰和埃雷这样的大师的作品，有年轻的苏格兰制图员为前往殖民地的探险者绘制的图片，也有莫卧儿细密画画师按英国东印度公司指示统一绘制的风格一致的画作。这里既有显微镜技术人员极为细致的图解，也有十分清闲的退休大使馆官员的印象派水彩画。

正当我在邱园中浏览着这规模庞大、范围覆盖全球的视觉记录时，一群矿物学家走进来想要查看一些来自非洲西部的植物标本。他们感兴趣的，是一大类能从土壤中吸收金属并将其沉积在叶子上的杂草。（英国北部的老铅矿开采时会挖出不少弃土，上面长出的春米努草就能做到这一点。）即便是干燥了很久的标本，叶子里也依然留有微量的金属，只要用化学分析法就能检测出来。因此这些叶子就像试纸一般，若其中矿物含量高，就说明这株植物原来生长的土壤中也富含金属。让这些矿物学者对标本感兴趣的原因还有一个：植物标本馆里的每一件标本上都准确注明了采集地点，于是这些标本实际上就相当于现成的挖掘指示标。

这忽然闯入的商业气息确实让我有点吃惊。我觉得颇为讽刺的是，杂草这些本身几乎没有任何经济价值的东西，竟然本可以自18世纪起就成为开采地球资源的助阵大军中的一员呢。

在欧洲帝国的扩张中，各种植物都扮演了重要的角色。它们是一支奇袭部队，殖民者借助它们的力量，将自己的经济优先项目强加在殖民地的文化之上。在18、19世纪，历史学家艾尔弗雷德·W. 克罗斯比[78]的“生态帝国主义”，其核心就是将传统的自给自足的农业模式转变为种植非本地经济作物的模式，这些经济作物包括用于出口的橡胶、面包果树、罂粟、剑麻，以及后来用于花房和花园绿草带的外来植物品种。植物园，尤其是邱园，在这些项目中扮演了调度中心的角色，它们传播科学信息，研究种植技术，筛选优良品种，同时自己也进行植物的进出口。比如在将金鸡纳树从原产地南美洲扩散至全球的过程中，邱园就发挥了十分关键的作用。金鸡纳树的树皮中含有奎宁，而奎宁是19世纪唯一可有效治疗疟疾的成分，倘若这种药没有充足的本地来源，欧洲对非洲和印度的殖民进程早就会因疾病而中止。

往小处说，邱园还参与了杜鹃花的普及，而这种植物后来成了英国最受欢迎的灌木。19世纪30年代邱园经历了短暂的衰落期，1841年政府指派威廉·杰克逊·胡克爵士[79]为院长，并明确指出邱园应当担负起将科学、公众兴趣和殖民地扩张结合在一起的责任。“一个国家植物园，”报告中写道，“应该成为所有同样性质的小型机构的行动中枢……接收他们供给的资源，并帮助祖国寻找植物王国中一切有帮助的东西。药物、贸易、农业、园艺和许多制造业将从中获益……”7年之后，威廉·胡克爵士派自己的儿子约瑟夫前往喜马拉雅山脉东麓探寻和采集植物。约瑟夫发现并带回了28种杜鹃花的种子。这在园艺界造成了轰动，恰好迎合了当时大众对家用灌木日渐浓厚的兴趣。没人会料到这些杜鹃中的几种日后会从花园中出逃，成为英国西部林地中最具侵略性的杂草之一。

当然，很少有杂草是被故意散播出去的。但永远都有机会主义者，它们利用了这史无前例的横跨半个地球的植物大迁移，乘着这阵东风四处游逛（或者对爱德华·索尔兹伯里而言，“乘着裤脚”更为恰当）。在各种有意无意的因素下，英国成了大量外来植物的登陆点，在18、19世纪，英国的杂草种类大概翻了一番。有些杂草是搭上了粮食和园艺植物的便车，让自己的种子躲在植物的根球或容器中，但无论如何它们总能找到地方潜伏着。另一些杂草则是以珍贵的粮食作物或迷人的装饰植物的身份被迎进来，但后来却出逃或被丢弃在野外，因为造成了一些没能被预见到的糟糕影响而“沦为”杂草。

植物乔装潜入英国的经典故事中，有一个故事以偏僻的街巷和烟雾缭绕的火车车厢为元素，以植物园为重要角色。牛津大学植物园建于1621年，它是同类机构中唯一一个被写入植物的英语学名中的。后

来被叫作牛津千里光的一种其貌不扬的小黄花，据说就是由约瑟夫·班克斯爵士[80]——一位曾与库克船长一起出海的植物学家、探险家——于18世纪中期首次发现的，1794年由牛津的植物学谢拉德教授[81]约翰·西布索普[82]正式登记在册。没人知道这种植物是如何来到英国的。它原本长在西西里岛埃特纳火山的熔岩石块上，也许是在某次植物学壮游[83]中被带回牛津的。它的种子可能也是躲在某种更有吸引力的地中海植物的根球中，然后自然而然地爬上了花园的石墙。但西布索普按照科学规程，为它的习性写了一大段拉丁文说明，这段文字读来像是在用轻柔的语气描述一幅罗马壁画："最后就在这城市的墙角里，罕见的植物映入眼帘，但它们的异国模样让我怀疑是否应该接纳它们作为本地生物的一员……它们把自己远远地传播出去，从每一个角落出逃，如地毯一般铺向石块和古老的墙壁。"

没几年牛津千里光就从植物园（位于牛津大学莫德林学院对面）逃走了，它沿着牛津大学古老的墙壁一路向西蔓延。它那长有绒毛的种子似乎在碎裂的石墙中找到了故乡火山岩块的熟悉感。它从墨顿学院跳到基督圣体学院，又跳上了基督堂学院威严的护墙，随后又跳进了阿尔达特街狭窄的巷子里。它借着福利桥过了泰晤士河的伊西斯河段，然后到了杰利科那家老旧的救济院，不知道是不是因为认出这里是穷人的地方，它留下了一个较小的奇怪的变种，花只有正常的一半大小。19世纪30年代前后，它抵达了牛津火车站，这里是通往全国的入口，并且到处是埃特纳火山岩般的石屑和石块。一旦它踏上了铁轨，便再没有力量能够约束住它了。来往火车的气流将它的种子吹起，有时它甚至会坐在车厢里前行。植物学家乔治·克拉里奇·德鲁斯[84]就曾描述过自己在20世纪20年代一个夏日的午后，与一些牛津千里光共乘火车的经历。它们在牛津站飘进了他的车厢，然后"一直悬浮在空中，直到找到机会在泰尔赫斯特下了车"，至此它们已经沿着铁路前行了20英里（约合32千米）。诗人杰弗里·格里格森在20世纪50年代为这种奇特的旅行经历写下了一段颇具美感的文字："来往于斯温顿和伦敦时，你可能经常会在夏天看到它们，阳光从车窗照进来，光束中它们在轻薄的香烟烟雾中飘浮着。"

牛津千里光1867年抵达了伦敦，1890年抵达斯温顿。等到了1899年，根据索尔比[85]的《英国植物学》记载，这种植物已经长到了德文郡比迪福德的古老墙壁、荒地和"沃里克郡的阿勒斯教堂"。世纪之交，一个粗略的乡村统计显示，牛津千里光还抵达了萨福克郡、肯特郡、萨默塞特郡和赫里福德郡。到了1915年，它已经北至克莱德河，西抵威尔士的卡那封。但此时正值第二次世界大战，许多城市中心都被轰炸得破烂不堪，与火山碎石的环境更为接近，这给了牛津千里光更上层楼的机会。20世纪40年代，在爱德华·索尔兹伯里对伦敦

轰炸废墟的调查中，它已经成了分布第三广泛的杂草。到1944年，牛津千里光与它的近亲黏性千里光杂交——杂草本身就具有易杂交的特性——创造了后来被称为伦敦千里光的杂草种类。

像牛津植物园一样，邱园也曾将一种植物误放出去，最后这种植物几乎遍布整个英国。1793年，邱园收到了一件来自秘鲁的雏菊样品，这种植物叫作牛膝菊（*Galinsoga parviflor*），它是以享有盛誉的西班牙植物学家唐·马里亚诺·马丁内斯·德加林索加的名字命名的。不过这种植物没有植物学家的高大形象，只有脏兮兮的小白花开在软软的茎上。19世纪60年代它从邱园中逃走，在当地的排水沟和楼梯缝里首先建立了阵地。有一段时间，这种植物甚至被叫作邱园草。但当它那靠空气传播的种子被越吹越远，到了空气不那么清新的地方，它就需要一个更普通上口的名字了。它的属名*Galinsoga*对伦敦南部的人来说太过拗口，于是他们把它加工了一下，变成了gallant-soldier，意为“英勇的士兵”——这名字之所以会流传开来，想必部分原因是这称呼中所包含的名不副实的讽刺感。（在非洲的马拉维，这种一点都不英勇的杂草也觅得了一席之地，当地人称它为Mwamuna aligone，意为“我丈夫在睡觉”。）

杂草们除了以植物园为跳板，还可以混在进口的农业种子里，躲在时兴食材根部的泥土中，藏在啤酒酿造和羊毛加工的原料里。据说萨尼特菜——现在被叫作群心菜——就是在拿破仑战争期间一场发生于荷兰瓦尔赫伦岛的战斗中，找到机会潜入英国的。伤亡人员被放在塞满干草的草垫上运至拉姆斯盖特（隶属于萨尼特），而草垫的干草中就混有这种欧洲北部杂草的种子。后来这些草垫中的草被丢给了一个当地的农民，农民又将这些草铺在了他翻掘过的地里。于是群心菜种子破土而出，适应了萨尼特的环境，并沿着英国南部的海岸线一路传播，最终占据了英国南部的大部分地区。如今遍布全球的杂草小蓬草是17世纪时藏在一只从北美洲进口的鸟的肚子里才得以抵达欧洲。新西兰芒刺果挂在进口羊毛上，从太平洋来到了欧洲。这是一种低矮而茂密的多年生植物，原本长在澳大利亚和新西兰的旷野上。它长着有趣的球状花序，上面缀满长刺，看起来像一支小狼牙棒。它会挂在动物的毛上，所以那些羊毛废料被扔到哪里做肥料，它就跟着去哪里。如今新西兰芒刺果完全适应了英国东部和南部的一些沙丘地带，它会把种子牢牢地粘在嬉戏的孩子们身上，正如当年牢牢地挂在食草动物身上一样。杂草们的传播途径还包括宠物食品商店的垃圾、被丢弃的压舱石和吃完扔掉的亚洲菜外卖。散发着水果香气的同花母菊是于1871年从美国俄勒冈州来到英国的，它的传播路线与使用花纹汽车

轮胎的地方刚好吻合，它那带棱的种子可以轻松附着在这种轮胎上，就像附着在登山靴的鞋底上一样。

艺术也是一种传播新杂草的有力渠道，有效程度不亚于贸易。蔓柳穿鱼那小巧的蓝色和黄色的花朵与金鱼草的花朵很相似，如今英国几乎每个区的旧墙壁上都装点着这种小花。可能只有吹毛求疵的市政机关才把这种植物认作杂草，担心它会影响墙壁的整洁——不过它确实来错了地方。蔓柳穿鱼原产于欧洲南部的山地，直到17世纪才来到英国。当时它的种子被包进了一些从意大利进口到牛津的大理石雕塑的包装箱中，自此它便跟牛津另一著名杂草千里光一样，翻出围墙奔向了更广阔的世界。（之后有一段时间它被人叫作“牛津草”。）约翰·拉斯金十分喜爱蔓柳穿鱼的优雅和古典气质。他于1876年造访威尼斯的奥尔托教堂时，发现乔瓦尼·巴蒂斯塔·达·科内利亚诺[86]为一群圣徒所画的肖像画中，圣彼得旁边那精致的花朵正是外面大理石阶梯上长着的“圣母草”。在9月16日的日记中他这样写道：“今早我很疲倦，一直徒劳地尝试着画出圣马可大教堂门廊柱头上的那丛圣母草；它把自己鲜活的生命力注入叶状的大理石中，而这古老的大理石当年定是目睹了腓特烈一世让教皇把脚踩在自己颈上的景象。”从此以后，蔓柳穿鱼就成了他的代表植物，象征着大自然精巧的设计。

蔓柳穿鱼那些更常用的英文名则没有“圣母草”这么富有宗教色彩。“旅行裁缝”和“多子的母亲”反映出了这种植物身为杂草的特征之一，即迅速侵入与原产地类似的环境的能力。它有一个有趣的技能，使它可以沿着墙壁向上传播。当它开花时（在英国目前温和的气候下，它几乎可以全年开花）花枝会向光弯曲，花谢后种荚又会背光弯曲，因此种子们很容易就会落进墙缝和灰浆的接缝中。［它的形态构造深受孩子们喜欢。民俗学家雷·维克里[87]曾记录下1983年他在多塞特郡与一个小女孩的对话。女孩说：“这个（蔓柳穿鱼）我们叫作墙兔子。”“为什么这样叫它？”“因为如果你把花倒过来拿，然后捏住两边，就像这样，它看起来就像一只兔子的头。”］

在另一次类似的出逃事件中，杂草借助丹麦雕塑家巴特尔·托瓦尔森[88]的作品逃离了意大利。托瓦尔森1844年在罗马逝世，他的塑像被带回了他的故乡哥本哈根。当包装完好的货箱被打开时，少量的种子从箱子中的稻草里掉了出来，第二年25种意大利杂草——其中有不少是地中海杂草——在这里发芽了。这其中有几种适应了哥本哈根的环境，有一些则被保护起来并被特别移栽到一座纪念托瓦尔森的花园里。

丹麦岩荠在公路上搭便车的故事堪称牛津千里光蹭火车的现代版了。直到20世纪80年代以前，丹麦岩荠（*Cochlearia danica*）都只是分布在英国附近海岸较干燥地区的一种并不多见的植物。它长在山崖、海堤和盐沼靠近陆地的一边。它与普通岩荠一样长着肉质的叶和小小的四瓣白花，但它的身体里一定有着某种普通岩荠所没有的野性基因，使得它愿意忍受和适应与海岸类似的环境。在20世纪80年代中期，它开始出现在内陆铁路线上的几处地方，它的种子是跟着从海边采集的碎石一起来的。随后它开始出现在高速公路和主干道的路边。这种植物喜欢密密地长在一起，尤其是长在马路中央隔离带上的那些；于是一到它们开花的三四月份，路边就仿佛下了一层厚厚的霜。

到了1933年，它们已经长遍了英国300多个地方的主干道。1996年，我曾做过一次粗略的书面调查，统计它们在全国的分布范围。调查结果看起来就像是旅行者的线路图。在M4、M5（尤其是靠近切尔滕纳姆和加的夫的地方）、M6公路和M56公路旁长有十分密集的丹麦岩荠；A1公路沿线的许多区域，安格尔西岛的A5公路，萨福克郡的A11公路和德文郡的A30公路也是如此。这种植物已经跨过了苏格兰边界，长到了邓弗里斯郡的A74公路路旁。

但爱尔兰的路旁却几乎没有丹麦岩荠的身影，尽管爱尔兰海岸才是它们的老家。爱尔兰道路系统的独特之处在于，他们是使用石砾——而非英国使用的盐——来处理道路结冰的。丹麦岩荠之所以能够成功进驻内陆，无疑有许多因素在起作用：比如拖车搅动的气流有利于种子的传播，再比如公路旁光秃秃的且石头很多，与布满鹅卵石的海岸线环境类似。但现代道路系统的含盐度是个极为关键的因素：每个寒冷刺骨的夜晚，市政撒盐车都会将散发着海岸气息的盐撒向马路，即便是英国内陆也会采用这种做法。于是在这里，人类的创意再一次被杂草抓住，迅速地收为己用。

丹麦岩荠继续着它的公路入侵。它跟随欧洲的卡车，渗透到了比公路系统更远的地方——但还是没能跳出盐的掌控范围。离我们在诺福克郡的房子几百码远的地方，有一条南北走向的无分级的公路。几年以前，这条路的一头出现了一丛丹麦岩荠。这丛植物刚好长在这条路和另一条通往塞特福德的主干道的相交处，南临柏油马路，北临一片长满蒲公英和黄花九轮草的草地。2009年至2010年的那个严冬，这条无分级公路被撒上了盐，于是岩荠抓住机会向北移动了几英尺。再有几年时间，它可能就会把整条公路的路旁都铺满白霜，在春天的黄花们闪亮绽放之前渲染最后一丝冬日的气息。它需要一个听起来更友善的、不像“丹麦岩荠”这么古怪的名字。“路边霜”可能是个不错的选择。

尽管这些闯入英国的杂草又爬古墙又上公路，真正给人类造成麻烦的却屈指可数。大部分杂草尽管传播得十分广泛，却依旧只待在边缘地带。牛津千里光在停车场和铁路线上出没，但牛津墙壁上的千里光已经基本被消灭。牛膝菊很少会从街道闯入花园中。小蓬草虽然把整个欧洲的荒地都填得满满的，却也没有变成农业危害。但与闯进旧大陆的杂草相比，从这里走出去的杂草命运就完全不同了。

在纽约的中央公园里，有一座花园是专为种植莎士比亚作品中出现的植物而设的。这座园子是1916年开辟出来的，是为了纪念莎士比亚逝世300周年，与19世纪的那次纪念活动——将莎士比亚提到的所有鸟类都引入美国——相比，这个活动的风险可谓小得多。但植物（至少是植物的种子）也有翅膀。提泰妮娅的“茴香”和“樱草”都是循规蹈矩的植物，被种在哪里就会一直待在那个地方。但李尔王的“牛蒡、毒参、荨麻”可都是一有机会就会跳墙而走的物种——要不是这些欧洲植物几个世纪前就已找到机会落户美洲，园子里种上这些杂草可能就会引出大麻烦了。

正如地中海的农民在向北、向西穿过欧洲大陆时不小心带上了他们的杂草，欧洲人越过大西洋再次扩张时，也把他们的杂草带到了美洲。北美洲和南美洲的温带地区（以及南半球的澳大利亚和新西兰）对欧洲移民们很有吸引力。这里的气候与欧洲相似，几乎没有危险的疾病或是大型的捕食者，可以种植欧洲的作物。这里也很适合欧洲的杂草生长，它们藏在移民们的衣袖里、谷种中以及动物的蹄子上，越过海洋来到新大陆。早在16世纪，西班牙作家们就报告过墨西哥草原上的杂草大爆发。他们给出的杂草名单我们一点也不陌生：蓟、车前草、荨麻、茄科植物、酸模、野燕麦。还有一些很受移民者欢迎的饲用植物，如三叶草和早熟禾，它们很可能是藏在家畜的身上或胃里来到这里的。白三叶草在大草原上传播得如此之广，以至于早在1555年阿兹特克人就给它起了一个名字：卡斯蒂利亚花（*Castillan ocoxchitl*）[89]。

杂草们跟随西班牙人一路北上，而新一批的杂草则是与17世纪的英国移民者一同到来的。约翰·乔斯林曾于1638年和1663年到访新英格兰，他列出了一个“自英国人到来并养牛后在新英格兰出现的植物”名单。这个名单实在值得全文呈现给读者，因为它再现的物种甚至可以追溯到新石器时代的欧洲：

披碱草

蒲公英

苦苣菜

龙葵

异株荨麻

车前草

艾草

巴天酸模

瓶尔小草

繁缕

聚合草

牛蒡

荠菜

欧洲千里光

藜

锦葵

天仙子

刺酸模

红脉酸模

萹蓄

春黄菊

毛蕊花

此时的宽叶车前被美洲土著人叫作“英国人的脚”，这是他们在目睹了这种植物跟随白人脚步而呈现出的惊人的发展趋势以后赋予它的最恰当的形容。

欧洲杂草中，英国杂草的成功造成了最为深远的影响。有几种杂草是被特意带过来的。威廉·佩恩的记录显示，早在1685年他就在院子里尝试播种混合的植物种子。但无论如何，披碱草、看麦娘和早熟禾的种子总会找到过来的方法——钩缠在移民者家畜的尾巴上，粘在家畜的蹄子上——而一旦到来，这些杂草便会发现新大陆就是一块白板，只待它们去扩张和占领。移民者们沿着东部海岸，一路砍伐了大部分的森林。1629年，约翰·史密斯船长报告说，弗吉尼亚岛詹姆斯镇附近的大部分林地都已经“变成了牧场和花园，里面种植的是各种在英国长得最丰美的草”。新来的喜光的草类在常年被树荫遮蔽的区域里几乎没有竞争者，而与本地草类相比它们还有一个关键的优势。在过去的几千年里，它们已经演化出了一套机制，可以很好地适应大食量的食草动物所带来的压力。牛羊们啃得越多，它们就生长得越旺盛：地下根不断伸展，向周围扩张，长得更加茂密，还能从多个芽上再生。17世纪末在宾夕法尼亚州写作的托马斯·巴德，对英国杂草不知不觉中就成功占据优势的过程描述得十分准确：“如果我们把一丁点英国草种撒在没犁过的地里，然后在上面放羊，很快这些草就会迅猛生长，整块地都将布满英国草。”

但这种状况对北美洲的草类而言就完全不同了。密西西比州东部的本土草类从没经历过像北美大草原上野牛群一样庞大的动物群。它们平常会被鹿啃食，但这些动物重量很轻，吃草时也很有选择性，与一大群奶牛或山羊的战斗力不可同日而语。于是它们在巨大的压力下节节败退，被啃食殆尽；顽强的欧洲草类趁机入主，被动物踩得泥泞的土壤更帮助了种子萌发。

新来的草类紧跟着移民者，向北、向南、向西，偶尔也会在商人或先头部队短暂停歇的地方先行驻扎，赶超一下移民者的行进速度。一名伊利诺伊州的拓荒者在日志中写道：“车队穿越大草原时在某地扎营，并用包括这些多年生草类在内的干草喂牛，从此这里就会留下一小块青草地，为将来的新植物的到来和生长打下基础。”有时这一小块青草地会在酷暑中泛起蓝色的光泽。在向南行进的移民者们翻越阿巴拉契亚山脉并到达肯塔基州后，一种英国杂草不但变成了当地主要的饲用植物，还成了南部乡村的象征。草地早熟禾（*Poa pratensis*）是一种英国草原上常见的、分布广泛但并不起眼的植物。它能长到2英尺（约合61厘米）高，且有着有力的根系。开花时，它的花序仿佛一片淡蓝色的薄雾。但在欧洲它们通常只会长成小丛，这

种色调效果并不明显。可一旦到了毫无竞争对手的北美洲，它们便能轻松开遍整片草地。这种黯淡的欧洲杂草何时荣获“肯塔基蓝草”的美名已不得而知，但这个标签就此贴在了它的身上，它似乎准确把握住了某种当地人的时代精神。南方的提琴音乐以“蓝草”为名，并自此成了乡村和西部音乐的招牌之一。1936年，弗洛伦斯·格雷厄姆——伊丽莎白雅顿的创立者——将后来成为世界经典的香水命名为“Blue Grass”[90]，因为这种香味会“让她的眼前浮现出故乡弗吉尼亚州的景色”。

而在密西西比州的另一端，至少有一段时间里，草原上的情形并非如此。本地的野牛草和格兰马草在大量野生食草动物的锻炼下，已经演化出了能够承受欧洲牛群的能力，没有在这一点上输给欧洲杂草。后来北美大草原古老的草地被翻掘成麦田，才使入侵植物们有了落脚之地，而这一过程在19世纪大规模的野牛屠宰之后又进一步升级。

到19世纪60年代，欧洲杂草已经侵入了美洲的最西部，可这一次它们却意外地受到了欢迎。1849年的淘金热使得这里的牛肉需求暴涨，从而导致了加利福尼亚州草地的过度放牧。此后的1862年又发生了洪灾，紧接着是2年的干旱。当雨水终于降临的时候，最先钻出地面并长势汹涌的就是欧洲杂草，它们有效保护了大片良田的表层土壤不被冲走。此时在这个州落脚的杂草超过了90种。到20世纪来临时，西部草原的植物中有三分之二都是外来物种，其中大部分都来自欧洲。到20世纪末，北美洲危害最大的500种农业杂草中，有258种都来自旧大陆。

有趣的是这种入侵十分“单边”。尽管大量的美洲植物也在英国的荒地中安家落户（紫菀和小蓬草都是著名的例子），其中却没有一种变成讨厌的农业杂草，甚至没有几种能被界定为具有侵略性。这种不平衡使得19世纪的美国博物学家十分困惑，查尔斯·达尔文在这个问题上倒一反常态地收起了他的好奇心，并且忍不住拿他的植物学家朋友阿萨·格雷[91]打趣。“我们这么轻而易举地击溃了你们，”达尔文在一封信中写道，“是不是伤害了你们美国佬的自尊？我敢肯定尊夫人会为你的杂草说话。快问问她这是不是因为你们的杂草是诚实纯良的好杂草。”格雷夫人的回信机智且具有准确的科学性。她在信中说，美国杂草是“谦逊的、喜居山林的隐居者，跟那些具有侵略性的、自命不凡的、专横的外来者可没法比”。

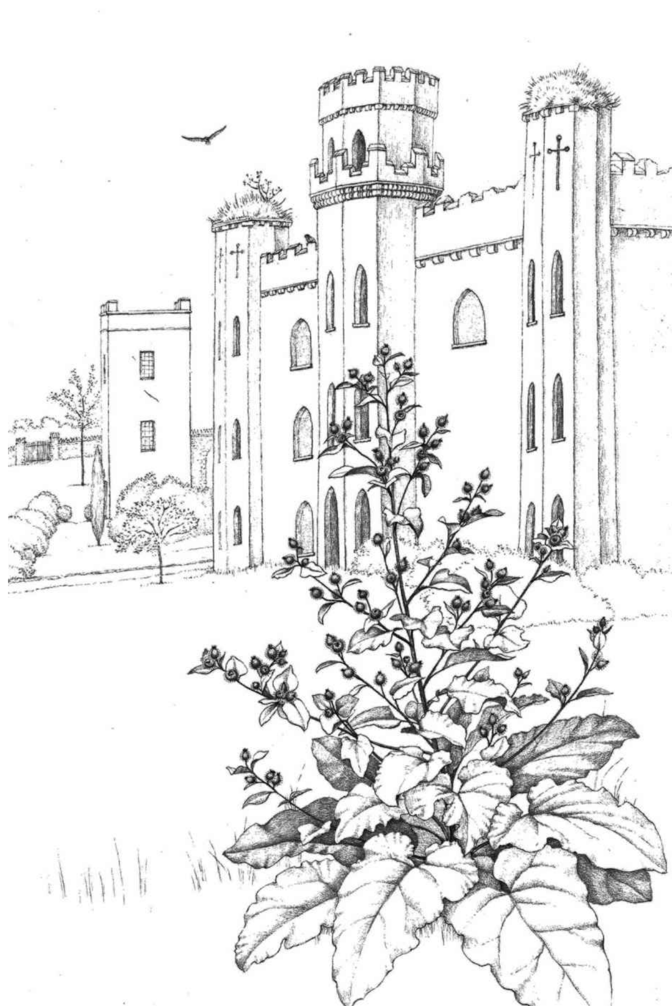
艾尔弗雷德·W. 克罗斯比将本章中的种种故事都写进了他的著作《生态帝国主义》，他将杂草一步步占据优势的过程描述得十分生动。

在本书中“欧洲化”是什么意思？“欧洲化”就意味着不断的破坏：破坏耕地、砍伐树林、过度放牧、焚烧草原，破坏废弃的村庄和扩建中的城市，还让本来互不干扰各自演化的人类、动物、植物和微生物突然扯到了一起。它代表着一个功利地期望着用越来越低的成本带来更多收益的世界，在这个世界里各种杂草将欣欣向荣，其他生命则只有在零星的封闭区域或特殊的公园里才能发展。

第八章

牛蒡

——“叶子只为装点庭院”



尽管杂草造成了不少麻烦，总有辩护者力图解释它们存在于地球上的原因，并从它们的生存模式中找出一些道德层面的教育意义。比如，对18世纪的“自然神学”（如今的“智能设计论”的雏形）派而言，杂草的用处分为两种。第一种，是展现上帝作为植物设计师的智慧与审慎；第二种，则是对人类的傲慢自大施以有益的惩戒。画家们也在一些杂草身上找到了能体现自然之高贵的某种缩影。从17世纪中期开始，为莎士比亚所不喜的牛蒡——叶子宽阔软绵、果实黏性十足的牛蒡——便开始在风景画中露脸。它从不会是中心角色，也没什么特别的重要性。但它潜伏在许多画作的边缘——连成一片，风格浮夸，有时甚至很难辨认出来，仿佛它是画家埋下的某种符号，等待着看画者去破解其中的含义。它是第一种被赋予了某种艺术美感——或建筑学美感——的杂草。

牛蒡恐怕本是最没可能得此荣宠的植物之一了。它长得高而茂密，在很多人眼里是毫无优雅可言的物种［事实上应是两个物种：牛蒡（*Arctium lappa*）和更为常见的小牛蒡（*Arctium minus*），两者都形态多变且常被搞混］。两种牛蒡都长着粗壮的茎，茎的基部是大大的心形叶，沿着茎的分枝自下而上，叶子也越来越小，顶部的宝塔形紫色花朵与蓟花相似，结种的时候花会变成带刺的小球——刺果。它常出现在森林的开阔地（这里可能是它最原始的生长地）、路边、田埂和花园与废弃楼宇附近的荒地上。后来有一位艺术家评价牛蒡的叶子“有一种凌乱的下垂感——看起来像是正贴地爬行”。

牛蒡的形象首次出现是在17世纪的荷兰绘画中，扬·韦南茨[92]和雅各布·范勒伊斯达尔[93]的几幅风景画的角落里，模糊地画着这种植物。在克罗德·洛兰[94]——被广泛认可的欧洲风景画之父的作品中，它的位置更为显眼了一些。《风景与舞者》（1648）这幅画的右下角，有一丛不起眼的牛蒡，叶子盖在了岩石上。在它身后，年轻人在野餐，并拿着手鼓欢快起舞。在更为悲伤阴郁的作品《风景与乡村舞蹈》（1640—1641）中，灰绿色叶子的牛蒡移到了画的左下角。在克罗德最为知名的作品《风景与那喀索斯和厄科》（1645）里，牛蒡依旧处于底边，但位置更靠中间，并且叶片拱起的弧度与那喀索斯注视自己水中倒影时张开的双腿和双手遥相呼应。在《风景与大卫和三个英雄》（1658）中，作者描绘了许多手拿长矛的人，牛蒡尽管依旧低伏在画的底部，却终于有了一枝正在开放的花柱。

在这些作品和很多其他作品中，牛蒡并不只是充当绿色植物的代表。克罗德的作品边缘有许多不同的花和叶围绕着，但其中的绝大部分（除了《风景与那喀索斯和厄科》中的黄水仙）都很模式化——千

篇一律的雏菊式的盘状花朵，让人想起中世纪书籍中的花形装饰。牛蒡是其中唯一一种以现实主义手法所画的植物，让人一眼就能认出。

托马斯·庚斯博罗[95]的《小屋的门》（1780）从克罗德处借鉴了不少东西，其中包括牛蒡和克罗德标志性的画在右下角的一丛植物。画中那截枯死的昏暗的树干将母亲和孩子框在了小屋的门前，而牛蒡就在底部装饰衬托这截树干。在他描绘萨福克郡的名作《科纳尔森林》（1746—1747）中，层层叠叠连成一片的牛蒡叶看起来扁平如一只巨大的蘑菇，趴在一棵栎树下的土丘上——这是森林中常见的牛蒡的栖身之处。他还曾给一丛牛蒡画过一幅小的近距离素描（18世纪40年代后期），正是这幅画透露出了牛蒡让画家们着迷的原因。画中的叶子被黑色炭笔几下就勾勒了出来，背后则是一段歪扭多节的树干。叶子的角度是倾向于看画者的，仿佛一双张开的手，手掌向前，一左一右。庚斯博罗完美地捕捉到了它们雕塑般的质感，粗重的主叶脉，弯曲的、齿状的、近乎洛可可式的叶子边缘。在这些作品中，牛蒡表明了美也可以存在于不规则和不对称中——实际上也可以存在于杂草的野性中。

几乎与庚斯博罗同时代的德比的约瑟夫·赖特有一幅室外肖像画《布鲁克·布思比爵士》（1781），画中主角斜倚着，双脚舒服地放在垂枝桦旁的一捧牛蒡叶上，仿佛这丛植物是个窝巢。

倘若细细观察，会发现理查德·威尔逊、J. M. W.透纳、约翰·林内尔、詹姆斯·沃德、约翰·康斯特布尔和埃德温·兰西尔[96]的作品中都出现过牛蒡。寻找牛蒡就像在意大利文艺复兴时期的画作中寻找红额金翅雀一样，会让人上瘾，但与红额金翅雀不同的是，牛蒡并没有任何特别的象征意义，这也许是大部分前拉斐尔派画家并不重视它的原因。

真正懂得表现牛蒡的大师是乔治·斯塔布斯[97]，在他的几幅作品中，牛蒡的角色都远远超过一种色调上的修饰或者不自然的空白处的填充。《吞食马的狮子》（1769）中，它对整幅画的动态起到了非常积极的作用，按道理它都够资格出现在画的标题中了。画中的白马肌肉如此紧绷，线条清晰得像一幅解剖图，它痛苦地将头转向狮子，而后者正伏在它背上撕咬着肋骨上方的皮肉。在马抬起的右蹄下方，一片牛蒡叶子向左倾斜，它的形态呼应了马受惊的头部动作。但这些叶子并不是克罗德和庚斯博罗笔下那样柔和光滑的灰绿色叶片——那种仿佛石雕般的叶片。它们被画得十分真实细致。它们的骨架跟马的骨架一样轮廓鲜明。它们已经开始衰老，边缘有些枯萎，还带着一些棕锈色的斑点。有一片已经枯死，干枯的褐色叶子垂向地面。斯塔布斯似乎想要表达，杂草与其他生物一样也会忍受压力、经历衰亡。

这是从一个独特角度所发现的植物美，它在重压之下表现出一种特别的优雅——这种品质我们也许可以叫作高贵。

在艺术世界之外，牛蒡的用途和象征意义基本都与它附着性强的球状种子——“刺果”有关，这些种子表面武装着大量有弹性的钩子。孩子们拿它们游戏玩耍已有几百年历史（它们可以像挂在动物皮毛上那样稳稳挂在头发和衣服上），并且在爱丁堡的南昆斯费里依然保留着一个奇怪的仪式。在8月的第二个星期五，一个人从头到脚挂满刺果在整个镇上巡游，拜访各家各户并收取礼物。这种“刺果人”游行被认为是起源自一种祈求捕鱼顺利的丰收祭典，其中还留有交感巫术的痕迹，因为球果既可代表鱼鳞也可代表鱼钩。

到了现代，牛蒡的刺果有了一个更实际的应用，而这一应用与当年那些风景画家们对不规则之美的想法有着某种奇特的共鸣。20世纪50年代，以它们为灵感，尼龙搭扣诞生了。

尼龙搭扣这种一面是钩一面是环的搭扣是一个经典的用生物学原理解决问题的例子。它的原理与传统工程学中要求的精确性完全不同。正如科普作家彼得·福布斯所说，它是“模糊逻辑的第一个实例……钩与环并不需要被精准地对接起来……一个钩子是否与一个特定的环连接在一起，完全无关紧要：每次你使用它时，总有足够的钩子能找到对接点”。牛蒡的刺果上布满了细细的刺，刺的尖端则带有具有弹性的钩子；而它们的“环”就是乱蓬蓬的动物毛发，钩子们已经演化得可以轻松抓住这些环。这个灵感催生出的新材料，完全人造但又完美融入了生物技术，而这一新材料的诞生多亏了一个叫乔治·德梅斯特拉尔[98]的人，这位瑞士发明家对纽扣十分着迷。20世纪40年代，他有带狗去侏罗山打猎的习惯。一次散步归来时他发现狗的身上沾满了刺果，但他没有简单地把刺果摘下来了事，而是开始细细观察它们的黏性。（这个故事还有个杜撰的版本，说他在打算与妻子外出赴宴前帮妻子将裙子上的挂钩和钩眼扣在一起，但实在太难扣，搞得他无比泄气。）刺果是球形的，因为它在演化时要将可以钩到动物的角度最大化。但德梅斯特拉尔意识到，如果它是平的，那么无论角度如何，它都可以钩到一个粗糙的平面上。

德梅斯特拉尔一直等到第二次世界大战结束才能开始着手发明他的平面刺果。这时，1937年发明的尼龙是唯一可以做成他需要的钩和环的材料。但尼龙因为战争原因价格暴涨，直到20世纪40年代末他才买来了足够的材料进行试验。环的部分很容易，但钩子的形状必须能

让穿过的线被挂住才行，并且钩子的形状需要加热来固定。最早的尼龙搭扣专利是在1951年申请的，后来在一个法国织工的帮助下，德梅斯特拉尔改进了他的搭扣系统，并于1955年让它上市销售。［这个发明于1996年获得了最高褒奖——那是一篇恶搞的科学论文，这篇文章模仿了英国广播公司《广角镜》节目在1957年愚人节播出的著名恶搞节目（节目中说瑞士有个意面果园），对加利福尼亚州的“尼龙搭扣农场”发表了评论。那时，“尼龙搭扣农场”正苦恼于大风会将钩子丛的孢子吹到环丛中，与环丛的孢子混合，以至于长出了内部扣死的尼龙搭扣果实，而这种果实完全没法打开。］

若约翰·拉斯金看到这一幕，他一定会大惊失色，一是因为人们对一种野生植物进行了机械原理上的应用，二是因为人们竟然认为牛蒡的刺是演化出来帮助自己传播种子的。在他的著作《珀耳塞福涅：路边花朵的研究》（1874）的第一卷中，他描述了牛蒡叶子的结构（这一点他描述得非常准确）是如何体现它的美的：

> 若一片叶子十分宽阔——比如牛蒡的叶——它就需要像哥特式建筑的屋顶那样的叶脉网络来支撑。这些结构的支撑作用是通过几何学原理作用的；每一片叶都像桥的桥墩，或者地板的龙骨，每个组件的分布中都包含着各种科学知识……但若想让叶片的伸展部分布满褶皱并拥有美丽的细纹，要么得使叶子边缘形成起伏，仿佛波浪流过，要么就得“扯起”——或者按照淑女们的制衣术语，“折起”边缘并将它们缝在一起。缝的时候是紧紧围绕着一小截叶脉的，如果太过用力，看起来就会像是收到了桅杆上的帆；这截叶脉必须要结实，而不仅仅是几何学层面的稳固；它的作用从本质上来讲就像给衣服上浆，不是撑起叶子对抗重力，而是让褶皱的边缘坚挺。而对于这样的自然杰作，我们应当好好研究，这片叶的支撑结构是如何被完成得这么干脆漂亮，完美到每根刺；确实，当我们去触碰它们时手指会被扎到；这是因为它们不是用来亵玩，而是用来惊叹赞美的。

几页之后，他就用更直白的口吻催促读者去研究它的结构：“拿起一片牛蒡叶——这种植物存在的最重要的目的，明显就是长出叶子装点庭院。”

这些文章古怪且令人迷惑，文中有许多对叶片结构的仔细观察，但同时又认为这些结构更多是为了观察者的审美存在，而非为了植物自己的生存。《珀耳塞福涅》通篇皆是如此。这本书用一种混乱的、

有时甚至近乎疯癫的方法，想要设计出一套新的、反林奈的植物分类法，这套系统以审美原则而非科学知识为基础。它将道德判定强加在植物界身上，但有时作者也会闪现出独到新颖的观察结果和想法，比如忆起罂粟科植物花朵的这一段：“通常我们都觉得罂粟科的花朵并不精致；但它是野外所有花中最透明、最精巧的……它像彩绘的玻璃，只有当阳光透过时才会发出明亮的光彩。无论在哪里看见它——对着光或者在光下——它永远都是一团火焰，像吹制时的红玻璃，把风都烤暖了。”这可能是英语中描写罂粟科花朵最美的文字了，只差一点，这段文字就能变成对太阳在植物生长中的作用和火红花瓣对其他生物吸引力的充满诗意的阐述。

但这种以植物为中心或以自然为中心的观点深为拉斯金所厌恶。在他抑郁症较为严重的一个时期，他曾非常厌恶地评价说，光合作用理论让我们眼中的叶子变成了一个“气量计”。他心目中的形态或功能上的美，是一种深奥抽象的特质，上帝将美根植于植物中是为了提升人类的心智。这样一种特征竟然能被非人类的生物用某种方式“辨识”，这让他不能接受。罂粟花的红色火焰，或一朵兰花复杂的结构，竟然对一只昆虫有吸引力——一只昆虫也能欣赏这种美——这是对神的亵渎。这种想法使得拉斯金只相信一套基于他自己审美标准的生物等级制度。“对美的洞察，”他写道，“和对特征进行描述的能力，其基础是道德本能和对动物或人的品质进行界定的能力。所以若没有一个神定下的完美之标准，就无法确定哪种生物更符合这个标准，也就不可能说一朵花进化得更好，或一只动物比另一只高级。”

拉斯金实际上制造出了一套美学版的“药效形象说”。上帝“赐予”某种植物一些品质——比如花瓣的对称方式，或茎和叶所成的角度——这些品质可能有一些基本的生物功能，但主要是神对美的标准。而识别和解释这些品质就是鉴赏专家的责任了。

杂草就是没有这些神赋之美的植物，是不知因何原因从更高层次“堕落”的植物。一开始拉斯金接受了杂草是出现在错误地点的植物这一定义（这个定义在19世纪已经颇为流行），并不屑地补充道：“谁曾见过荨麻或毒参长在正确的地方？”但后来他引入了一个有趣且乖滑的歪曲版定义。杂草是“一种天生就倾向于进入错误地点的植物……并不是因为它有毒或丑陋，而是因为它不知进退——拼命挤进不属于自己的地方，并妨碍他人”。因此一种植物哪怕天生丽质，只要它还天生带有了野心，就属杂草之列。

但不过几页之隔，他就开始罗列一些与“不知进退、妨碍他人”无关的其他杂草品质。例如，“生得坚硬粗糙”才不是经历风雨后顽强恢复的标志，而只能被看作流浪汉身上的伤疤。“一种植物若能在任何

地方生存，那它通常都会生活在自己不受欢迎的地方。”拉斯金的措辞越来越傲慢，仿佛杂草的生活方式是一种道德上的抉择。“（一棵杂草）对生长地不加甄别，”他继续写道，“也完全没有对故乡的热爱，毫无高贵品质；这样的分辨能力，若还毫不谦逊，似乎想借此四处传播，就更加低贱。在它们去过的地方，它们将继续被当作异乡之草。”杂草是平民，是为大众所熟悉的流浪者。

他认为，杂草还具备自相矛盾的品质——“固执和软弱”——使它们更适合做杂草，这样的品质在一些“邪恶力量”的影响下能将令人喜爱的茎变成木桩，将叶变成刺。因此——在大部分篇幅都用来讲香堇菜的一章中——他将恶语谩骂砸向了每一种多少带点杂草脾性和特征的植物，并谴责“近期对植物消化系统和生殖行为的研究狂热，如今可能已为植物学家们那藏在显微镜下的险恶用意更添了一份遭神厌恶的原因或迎合了恶魔下流的渴望，这会滋生各种刺、钉、缺口、刺毛、缝隙、斑点、瑕疵、污秽和毒液，而这些全都能从植物的结构中看到，或从植物的溶液中提取”。

拉斯金并没否认植物的形态结构也可以具有功能，但他强烈否认这些结构在植物自己的生命宇宙中有任何（除纯力学构造上的）重要性或价值。美这样的品质，与一棵植物按自己的规则在同类中努力生存时所表现出的优雅高贵全然不同。只有被神赋予了指点自然的天分的人类，才可以承认或否认它们的美。因此他认为，花是植物存在的一切和终极意义，并不是因为它能吸引昆虫、酝酿种子，而是因为它能给人类的双眼带来欢愉。

如今不会再有人注意拉斯金这些有违常理的想法。这些想法中的大部分都是在他精神状况恶化和对工业时代滋生的愈来愈多的丑陋倍感绝望的情况下产生的。但它误打误撞地提炼出了人类对杂草态度的中心思想，即对它们的判断应完全按照我们的标准，而非按照它们所生活的自然世界的标准来进行。

拉斯金的观点所拼凑出的世界与美的概念大相径庭，美是一个过程，是生长和衰老中表现出的优雅，是乔治·斯塔布斯画笔下的牛蒡叶，也是乔治·德梅斯特拉尔被牛蒡果实的精巧结构所激发出的灵感。2008年，杰出的美国摄影师珍妮特·马尔科姆[99]将牛蒡之美的展现又向前推进了一步，她拍摄了一辑28张的牛蒡叶的单片叶特写。她喜爱牛蒡，喜爱它们的壮观也喜爱它们的个性。没有两片叶是完全一样的。她还欣赏它们将自己的经历——无论是狂风，还是昆虫的咬啮——记录在那宽阔叶片上的方式。在她自己为这辑照片所写的说明

中，她特别感谢了理查德·埃夫登[100]，他的那组名人照片使她产生了想要为“无名的叶子”拍照的灵感。“正如埃夫登喜欢寻找饱经风霜的面孔，”她写道，“比起稚嫩无瑕的新叶，我也更喜欢老旧的、有瑕疵的叶子——它们才是有故事的叶子。”

于是连着三个夏天，她都在采摘牛蒡叶子，然后把它们架在小玻璃瓶里，从正面为它们拍照，“就像它们正面对着我一样”。只有这么近的距离才能让一株植物“把它最好的一面”展现给镜头。最后的作品证明她的方法是正确的。这些牛蒡叶历经磨难后依然庄严、顽强、雅致。它们被冰雹击穿留下了窟窿，因为病毒和枯萎产生了具有奇异美感的斑点，被食叶的幼虫挖出了一条条通道。在这组照片的最后一张中，这片叶子已经被昆虫啃食得十分彻底，只留下了叶脉，仿佛冬天里落尽叶子的树。我想即便是拉斯金也不得不赞赏这幅照片，这幅只剩下主干却还顽强活着的叶的照片。

的确，许多植物都曾在各种侵袭下恢复过来；但看着一种为人厌嫌的杂草享受着如此饱含敬意的赞美，对我而言，这本身就展现了一种特别的美。

如今人们十分熟悉的词汇“野趣园”（the wild garden）是由爱尔兰园艺家威廉·鲁宾森[101]创造的，并且是他首先提出杂草那来势凶猛的美丽或许可以在我们的“户外空间”里找到一席之地。对19世纪末的园艺界而言，这是一种十分先锋的想法。维多利亚时代的人们找到了将他们对奢华与规整的双重热情完美融合的方式——“毯状花坛”。皇家别苑中娇弱且色彩艳丽的花被移到了有加热装置的温室中，种成直行和对称的图形（每棵植物间距恒定且不能生杂草，以保证图案的对比度），在短暂的花季盛放后再被拔去。年轻的鲁宾森当时在巴里克尔凯文庄园里做见习园丁，他看到园丁们工作时仿佛军队里的中士，一点不像植物的管理者。他写道，整个情形看起来就像他们“正把大楼的警戒线标志搬进花园中”。鲁宾森对植物种植有着完全不同的看法，他认为不同种类的植物应当混种在一起，就像在大自然中那样，球茎们长在树下，蕨菜深入潮湿的洼地。他难以忍受自己在巴里克尔凯文庄园看到的这种系统化编制，于是在1861年离开了那里，那时他22岁，有传闻说他从温室中猛冲出来时没有关窗，于是炉火熄灭，温室中的植物死伤惨重。

9年后的1870年，在为皇家植物学会在摄政公园建花园而广游四方学习考察后，他出版了他的经典著作《野趣园》。他在欧洲和美洲

的探险使他形成了一种以野外各种植物共同生长的模式为基础的园艺哲学。与拉斯金抽象而死板的审美不同，鲁宾森坚信自然是一种过程，而这个过程绝不是整齐、规律的。他崇尚的是“由神秘和无限可能共同构成的最高层次的植物之美”。《野趣园》初版的前言是由激进作家和智者悉尼·史密斯[102]（杂志《爱丁堡评论》的创办人）所作，这篇前言抓住了这本书的根本精神：

> 几年以前，我第一次前往并住在了国内一个宏伟美丽的地方，人人都说这里的地面是按照顶级的品味布置的。刚到那儿的三四天里，我完全被迷住了；这布置看起来比大自然好太多了，我开始衷心希望整片大地都能照这最新的方法进行改良……三天之后我筋疲力尽：一株蓟草，一株荨麻，一丛枯死的灌木——任何偶尔出现且与这里格格不入的东西——都会给我慰藉。我逃离这些人造地面，去邻近的普通地方散步，这里有马车留下的车辙，有沙砾形成的小坑，有凸起，有不规则，有毫不优雅的粗糙小草，还有因无人精心照顾而出现的千奇百怪，而这一切都比精心设计再一股脑塞进狭小空间的单调之美强上1000倍。

这本书原本的副标题是“坚韧的外来植物的引进与自然分群，外加英国野花花园一章”。他对野花花园——那时候这是个外来概念——的设计，是首次有人提出单纯因本土植物的装饰价值而集中种植它们的设想。这个名单上有许多杂草：长在溪边或草地潮湿角落的白屈菜，墙角下与布满石头的河岸边的虞美人和侧金盏花，散布在花坛苗圃的麦仙翁、锦葵、贯叶连翘和柳兰。

但是在《野趣园》后来的版本（1881年出版）中，他去掉了关于野花的内容。这部分本来也只是书中的次要内容，并且此处的“野”只是指一种品质特性，而非一个植物种类。鲁宾森真正的目标是发明一种新的自然分群法——有时群的规模会被压缩，或特意让不同的群之间形成对比——以及将大自然中因地理因素被分隔的植物种在一起。毕竟他建造的只是一座花园，而非要再现一个生态系统。

于是他开启了横跨地球，从温带地区特意引进植物的风潮，这股风潮带来的潜在杂草的种类可与17、18和19世纪早期意外引入的杂草种类比肩。鲁宾森当年喜爱的外来植物如今依旧长在我们的花园里。这些植物还远远地走出了我们的花园，形成了现代杂草群落中最为独特的一种。鲁宾森深知他推荐的植物中有许多都具有侵略性。他警告说，这些植物若是被种在边界，种在大庄园花园边缘的灌木丛和树林中，就会野化和逃逸——这些地方实在太有利于植物们越墙逃走了。

他推荐用聚合草做地被植物：“如果将一两棵聚合草种在灌木丛中，它会很快扩散并杀死杂草，这一点在野趣园的经营中已经得到了证明。”但他没料到的是，这种植物很快翻墙而出，自己也“落草为寇”。东方聚合草（这是鲁宾森特别喜爱的一种植物，也是我的最爱之一）现如今是诺福克郡南部我家附近分布最广的道旁杂草。山羊豆是“美丽的边护植物中……一种高挑优雅的多年生植物，很适合在条件恶劣的地方种植”，后来它也成了伦敦附近荒地上最常见的杂草之一。在鲁宾森推广之前，英国几乎没人种植虎杖。他说这种植物“若种在花园里，要担心它会泛滥并排挤其他植物，但要是种在户外的游乐场、种植园或土壤充足的水边，它们就会长得十分不错”。一枝黄花和紫菀（两种植物都来自北美洲）是被他复原得最成功的物种。这两科植物都是临近17世纪末才被引入英国，但它们“会破坏老式的混合边护植物，因此被废弃”。但鲁宾森曾在秋天的新英格兰森林中看到这两种植物生长在一起，他觉得那时的它们就像“画一样美”。因此他建议将它们改种在“不太有人照料的灌木丛、小树林和林间的走道边，在这里它们可以像本土杂草一样自由地生长，并在秋天长成迷人的风景”。一个半世纪过去了，这两种植物都已经被普及。它们无法再享受独占林间走道的待遇，如今的它们聚集在整个英国乡村铁路和公路的路堤上，每到秋天就为这原本荒凉的道路添上满目的姹紫金黄。

威廉·鲁宾森的“野趣园艺”只是影响外来植物传播的举动之一。但先引进外来杂草作为园艺植物，后又推崇自然风格的种植方式以保障杂草的传播，这些都强有力地说明了杂草与栽培植物之间的界限是多么模糊。植物可以在这界限上来回穿梭，身体可以，身份一样可以。

第九章

格雷尔达

——花园边的巫女

自然与文化之间的界限无处不在，其中一条就离我现在写字的地方只有约50码（约合45.7米）。我们在诺福克郡的花园的前边线与路边的草地是连在一起的。从法律上来说这里是属于我们的，但这所有权也存在些争议，因为马路边缘同时也是公共空间，行人们不但可以看见，附近有车时还可以上来临时躲避一下。我们打理花园的方式也基本上跟对待道旁草地一样。我们喜欢春天的峨参和欧报春，喜欢比它们迟一些冒出来的大簇的蓍草和车前草，而盛夏那杂乱的种穗和一束束疯长的草一点也不让我们心烦。我猜我们一年最多就只修剪两次草坪，而这个频率正是乡村道旁草地的标准修剪频率。

但有一位邻居对此很不满意。夏末的一天，我们收到了行政区委员会的一封信，它告诉我们有人投诉我们的草地不够整洁、杂草丛生，并要求我们更好地打理它，使它能与邻居门前的草地达到同一水准。这封信十分严肃地暗示我们，公民自豪感和公共设施质量都已受到了威胁。我写了一封颇为傲慢的回信，当然也将我的情况进行了一些夸大。我辩称那些台球桌似的草地可能很“合乎礼仪”（*de rigueur*），但放在乡村的路边并不相宜，而且被我们的匿名邻居认为是杂草的植物与那些开在无人问津的路边的野花是同样的植物，它们是生物多样性的一部分，就连政府也敦促我们要保护生物多样性。我的回信如石沉大海，毫无回音。我赢了，我想。可我们几个星期以后度假归来时，发现我们的草地被修剪了。那些看不过眼的人为我们代劳了。我想，在这种情况下，打官司追讨损失应该胜算不大。

这只是杂草战争中一次很小的边界冲突，但它却提醒着我们，我们对野性和驯化之间的界限不但敏感性十足，这种感觉还会被各种细微的社会现象所左右——时尚风潮、社区团结、身份阶层、园艺潮流等。这一事件过去两年，另一个关心植物的替天行道者出现在了村中，用了三个夏夜烧光了这里几乎所有的杂交金柏的树篱。他可能只是个当地的年轻人，发现松柏针叶的易燃性很好玩。但只攻击单一物种的强烈针对性很难掩饰。杂交金柏是一种用于丧葬的树木，它会窃取阳光，也不受其他物种欢迎，是英国最有争议也是最受欢迎的灌木种类。而且，它是栽培植物中唯一一种在高度上受法律特别规定的，仿佛它是休斯敦的一种后院杂草。

在美国，“前花园”——尽管在英国人眼里那称不上是“花园”——从设立之初就属于公共领域。在整个美国郊区，房子和马路之间的空间几乎都铺设着草坪。每座房子的门前草地都与邻旁的草地完美融合，整个街区的草坪会连成长度常达几英里的大片草地。整个美国的

草地加起来占地约5万平方英里（约合13万平方千米），与整个艾奥瓦州面积相当，而每年人们花在草地维护上的钱超过300亿美元。在美国，每英亩草地消耗掉的化学除草剂和化肥比其他任何作物都多。

遵守正统的完美草地标准所带来的压力是巨大的。完全没有敷衍的可能。你对一丛车前草的容忍，不仅反映了你个人的懒散，还是一种对邻居的冒犯。你的草坪是他们的草坪的可见延伸，也是整个社区引以为荣的、精心护理的草坪的延伸。它还是全美国草坪的一部分。你如果没有按时保养，就是自动退出了这个社会契约。

在迈克尔·波伦的著作《第二自然》中，他讲述了纽约州水牛城一个特立独行的草地主人的故事。这名草地主人是研究梭罗的学者，他把自己的前院完全变成了一片长满野花的草甸。他愤怒的邻居将这片杂草全部推平，于是他竖起了一块告示牌："这片草地不是因为主人的懒惰而变成这样。它是一片自然的庭院，会依照上帝的意愿生长。"一位当地的法官援引了一条与休斯敦杂草法令类似的法令，裁定他的"野花"实际上是"有害的杂草"，并命令他将其割除，否则他将面临每天50美元的罚款。他拒绝修剪草坪，截至上次报道，他的民事违抗行为已经给他带来了超过2.5万美元的罚款。

一个骄傲地自诩为个性捍卫者的国家，何以对本国草地再自然不过的生长状况——以及上面生长出的适宜的植物——持有如此激烈的集体主义观点？波伦认为，"就如同州际公路系统，如同快餐连锁店，如同电视，草坪已经成为全美统一的标志性风景"。但这些限制重重的草地上还是绽放出了更多样的花朵，远比统一规格的大草地绚丽得多。其中缘由既关乎美国对待自然的历史态度，也关乎美国对公民责任的概念，是两者复杂交织后共同作用的结果。

1868年，景观设计师弗雷德里克·劳·奥姆斯特德[103]在芝加哥城外设计了美国第一个统一规划的城郊社区，并制定了后来成为全国通用制度的一些基本法则。每栋房子都要离马路30英尺（约合9米）远，禁止任何形式的室外分界线，包括墙、树篱、篱笆。这一规定半是为了嘲讽英国文化中的"高围墙"（指高而没有任何通风口的墙），奥姆斯特德认为这种墙会让一排房子看起来像"一串单人疯人院"。美国的前院应该是民主且人人平等的。19世纪70年代弗兰克·J.斯科特[104]继承了奥姆斯特德的衣钵，并发表了《小面积郊区住宅庭院的装点艺术》一文，他宣称："一片光滑平整、贴地修剪出来的草地是到目前为止郊区住宅庭院中最必不可少的元素。"它将成为社区景致的一部分，并且"大家一起打开并连接前花园所得到的美是一种卓越的

品质，每一个参与者都会受益，不会厚此薄彼”。斯科特还努力想把一种独特的“自然”观变成社区文化的一部分。他声称，“用树篱将自然之美与他人相隔绝”是不符合基督教精神的，“而创造或守护自然之美是我们莫大的荣幸”。草坪就是每个普通的美国人分到的一小片旷野。它绿意盎然，所以它依旧还算是“自然”。它被修剪过、喷过除草剂，所以它也是文化，是我们“创造或守护”的。这种集体草地成了“意见统一”的一种表现形式，象征着美国人对土地的根深蒂固的矛盾态度：土地是宽广的、没有围栏的、共有的资源，摆脱了欧洲人那种唯利是图的个人主义；但同时它也是一个竞技场，人的开拓精神要在这里实现抱负，得到发扬。

问题在于，草坪一旦成形便会产生一套自己的标准。给主人们造成直接压力的，不仅仅是美国和紧盯着你的邻居。草地本身也会带来压力，它独特而完美的造型在要求着你，它静默的坚持仿佛在告诉你，假如没能帮它保持这天鹅绒般的质感，就是一种背叛。社会学家保罗·罗宾斯为身负国家传统、邻里挑剔、商业压力和保持草地本身水准几大压力的郊区居民们造了一个术语。他叫他们“草地奴隶”。

但让我们转换一下时空，把空间推到芝加哥以东800英里（约合1287千米）的小镇——位于马萨诸塞州的康科德，时间则从奥姆斯特德第一次在美国草坪撒种回溯20年。这里有一位作家正在苦苦思考一种不同的对待杂草的态度——150年后他将启发一位纽约的历史学家去为“有害”的、玷污了他草地的植物们辩护。1845年，亨利·梭罗已经开始在瓦尔登湖边建造自己一居室的小棚屋。他住在这儿，自己种粮食吃，以基本上算是自给自足的方式生活了2年多，他捕捉思绪、积累经历，后来这些思考汇集成了美国文学史上最伟大的作品之一。《瓦尔登湖，或林中生活》（此书最终于1854年出版），是对他这2年试验性生活的记录。但这本书真正讲述的是做一个最充分意义上的公民意味着什么，如何简朴而从容地生活在一个地方，如何与各个物种的邻居伙伴和平共处。他想要近距离地体会他口中的生活的“精髓”。

而《瓦尔登湖》的精髓之一就是一篇短小且出名的文章，它叫作《种豆》。这是作者1845年暮春时节的经历，那时他对着自己的豆子沉思良多。他估计他们那里种的所有豆子连起来长度要超过7英里（约合11千米），而他已经锄豆子锄到着魔了。他也不知道自己着魔的原因，但他似乎已经变成——将保罗·罗宾斯的说法稍做改动——一个“豆子的奴隶”。用他的话说，这与自尊有关，但也与对豆子的尊重有关。他爱他那一行行的豆子，而豆子们种下时的顺序和状况也需要

继续维持。于是在他不遗余力的锄头下，黑莓、贯叶连翘和委陵菜都被剿灭，但他却依旧困惑，无法为这种“赫拉克勒斯的劳役”找到一个合理的原因。他种了远超需求量的豆子，而且也不喜欢吃豆子。他的快乐存在于那种劳动的仪式中，即便他开始意识到他只是把一种杂草换成了另一种：

> 大清早，我赤脚工作，像一个造型艺术家，在露湿的沙土堆中弄泥巴，日上三竿以后，太阳就要晒得我的脚上起泡了。太阳照射着我锄地，我慢慢地在那黄沙的冈地上、在那长十五杆的一行行的绿叶丛中来回走动，它有一端延伸到一座矮橡林为止，我常常在树荫下休息……我除草根，又在豆茎周围培新土，帮助我所种植的作物生长，使这片黄土不是以苦艾、芦管、黍粟，而是以豆叶与豆花来表达它的夏日幽思——这就是我每天的工作。

爱打探的邻居“悠闲地坐在马车上”，经过这赤足的劳作者身边，窃窃私语，议论着他播种太迟、他的地里如何凌乱。梭罗则更喜欢看鸟儿在他头顶盘旋的景象——夜鹰和鹞鹰“一上一下，一近一远，好像它们是我自己的思想的化身”。“当我停下来，靠在我的锄头上，这些声音和景象是我站在犁沟中任何一个地方都能听到看到的，这是乡间生活中具有无穷兴味的一部分。”

第二年夏天，他决定完全不种豆子了。这些豆子——以及为它们锄地——已经变成了一个单纯的习惯，分散他的精力，让他无法领会土地更根本的一些教诲。他意识到，太阳对杂草和农作物是一视同仁地照耀着的。“我望了这么久广阔田地，广阔田地却并不当我是主要的耕种者，它撇开我，去看那些给它洒水、使它发绿的更友好的影响。豆子的成果并不由我来收获。它们有一部分不是为土拨鼠生长的吗？……难道我们不应该为稗草的丰收而欢喜，因为它们的种子是鸟雀的粮食？”

在梭罗看来，只要不是在最关乎利益的商业场合中，人们对杂草的看法都只是一种内部矛盾，同时也是社会和文化压力作用下的一个结果。私人花园中，杂草的状态和命运则受个人品味与偏见、家族传统和一时的心情左右。它们，或者说清除它们，对营造“家”的氛围所起的作用与门前草坪的成色一样重要。不速之客可能受到欢迎，也可能被人厌恶。园艺中最复杂、讲究之处，归根结底说来基本就是关于自家地盘里什么可以发扬、什么必须铲除的甄选过程。

坐落在诺福克郡南部的我们的小花园也不例外。我和我的伴侣波莉所采取的杂草政策（尽管我们也不是总能达成一致）十分随性，有时候还很虚伪。我们的政策服从于烹饪需要和几条社会惯例，但又会因多愁善感和对这里历史的强烈感情而打折扣。我猜想这花园首次建成应该是在1600年前后，和木质结构的主屋差不多同一时间落成。那时这里是一座小农场，地理位置对主人而言十分便利，它位于村里一块公地的旁边，公地里开满了像硫黄三叶草和红芒柄花这样迷人的野花。我能找到的最古老的详细地图出品于19世纪初，上面显示——就像一座小农场通常安排的那样——这里是一座有实实在在的种植功能的花园。房前有两行果树，屋后有一个水塘。我们现今的草地当初位于一片被测量员标注为“大麻地”的土地的东边角落。这里一字一句写着：“一块用来种大麻的地。”那时住在这里的两个单身汉竟然在我们的草地上种大麻。不过他们种植的是用来制作布料的无麻醉剂效果的品种。这是这山谷里最受小农场主们欢迎的作物。这里湿润的沙质土壤与大麻在中亚的原生长地相似，而在那里大麻最初只是一种一年生的杂草。种植大麻是一档非常普遍的生意。夏天将大麻的茎收割后，这些茎会在池塘中浸泡一个星期（这个过程叫作“浸渍”），以便将长长的纤维与木质的外皮分离。然后人们会拍打这些茎，用一把锋利的木质刮刀将它“打散”以去除外皮。最后，这些纤维会被“栉梳”——捋直和梳理——直到可以放到手工提花织布机上织成上好的亚麻布。这是我们山谷——可能就是我们家花园里——最出名的出口品，拥有大量老主顾，其中包括肯辛顿宫和伊顿公学。

尽管大麻历史悠久、蜚声全国，为当地文化做出了很大贡献，但如今这里似乎已经没有大麻地的遗址了，至少我们这一区是没有的。随着大麻纤维的优良质量被重新提起，时不时会有一块长着这种8英尺（约合2.4米）高的植物的土地出现，这些地通常都躲在非常高的篱笆后面，但完全无法掩饰——至少在温暖的日子里完全无法掩饰——那浓烈的香气。不过在其他场合里，大麻如今被归类到最坏的杂草中。它是有毒的外来入侵者，若无政府批准就在自家种植是违法行为。我曾向内政部申请执照，想种一片迷幻效果没那么强烈的大麻品种，亦即2个世纪前就种在这里的那种，而且我强调了我完全是出于对历史的兴趣。对方十分清楚地回复我说，家庭种植正是立法所要杜绝的情况。奇怪的是，谨慎写明的获批条件似乎更偏重于将被偷窃的危险降到最低，而非以防止药物滥用为重点。但在字里行间我可以感觉出那种害怕禁忌植物污染灵魂和土地，应使其远离易感人群的古老恐惧。“由种植者决定最合适的种植地点，”条例中做出了让步，写道，“但要保证只能种植在那些将吸引可能盗窃这种作物之人的注意力的风险降到最小的地方。”严禁将其种植在“繁华的道路旁，或靠近住宅、工业区、度假村的地方，（也不能种在）例如，地面有褶皱可

以遮挡住作物的地方”。这里的“褶皱”（fold）一词竟与牧羊人寻求遮护的草棚（fold）巧妙地呼应上了。

最后我发现，有没有许可证竟完全无关紧要。一个温暖的夏天，一棵大麻径自从花坛中钻了出来，它那苍白的、著名的手指状的叶子在天蓝绣球和克拉花中间顽皮地摇摆着。它长到大约3英尺高（约合0.9米），10月时绽开了一朵暗黄色的花，又在第一场霜降时倒下。我宁愿相信它的祖先就是19世纪那两个单身汉种来给伦敦人做时髦亚麻布的大麻，它是它们沉睡了很久的后裔。但最有可能的情况是它只是一个偶然的产物，像从鸟食中跌落到附近的杂谷那样，它还提醒了我们，杂草总可以找到办法去它们想去的地方。

一座花园中很难有什么植物上的延续。新的主人总是带来新的品味，花坛被重新设计、重新种植，喜欢的植物留下，不喜欢的植物丢开，时兴的新品种被从遥远的地球另一边引进来。我们的花园肯定曾经有一株花贝母长在那棵大麻发芽处的附近，因为每到4月下旬花贝母开花的时节，准能在这同一个位置闻到那股浓浓的狐狸味道。但从来没有花贝母出现过。这是一个植物幽灵，一块嗅觉化石，可能是由某截休眠着的根散发出来的。最有可能在历史巨变后存活下来的植物就是非常古老的树和非常灵活的杂草。长在我们车道边的艾草和欧荨麻可能是2个世纪前长在大麻地里的杂草的后裔。长在莴苣田中的千里光可能属于一个古老的世系，其历史可追溯至3000年前，那时青铜时代的农民刚刚来这山谷里耕作。至于那在茅草中放肆地生长的苦苣菜，我对它的来头完全没有头绪，但它表达出了杂草们的心声：你来之前我们就来了，你在时我们整日为伴，你不在了我们继续生活。（仿佛是为了证明这段心声，世上确实存在着一种专门长在茅草屋顶的杂草。作为一种避开闪电的迷信做法，肉质叶丛贴地而生的长生草曾被专门种在房顶。它们在屋顶待了许久，并基本上适应了那里的环境，于是伏在那里的它们得到了所有植物俗名中最长、最难懂的一个：“欢迎回家，丈夫，但别再喝得这么醉了”。）

我们习惯性地将杂草定义为入侵者，但准确说来它们也是一个地方传承与遗产的一部分，它们是一种祖传之物，是一个历经岁月的基因库，与这个基因库相比，我们的房屋建筑都是昙花一现。杂草碍我事的时候我依旧会拔掉它们，但这只是一种随性的破坏，其中还带着我对它们的敬意，而且我常常因为心头浮现的浪漫情绪而手下留情。杂草的那种怀旧感，也反映了一个人一生中与它们熟稔了多久。它们总在一年中的同一时间出现，每一年都会出现，像那些你巴不得他们住得更远些的唠叨的亲戚。它们是草做的时钟和沙漏。对一个园丁而言，顽固守时可能是它们最恶劣的品质，但这也是一种让人心安的提

醒，告诉你生活还在继续。

我们刚搬来这里的时候杂草并不多。即便以挑剔的眼光来看，那时的花园也算得上整齐干净。几乎每个星期都有人为它锄地、割草和修剪。旁边小屋里留下的那一大堆除草剂表明，作为入侵者的杂草们一直处境窘困。我们来的第一年夏天，因为除草剂都收进了箱子，并且我们的精力都集中在房子的内部装修上，“屋外”（*de la maison*）的杂草们（法国人把杂草叫作*mauvaise herbes*，意为“坏植物”）大爆发，就像没了猫以后无法无天的老鼠。2003年的夏天热浪滚滚，它们却仿佛卸掉了压在身上的大石，神气活现。大地似乎在喷吐热气之时将它们一起呼了出来，仿佛每一次吐出的都是卷着植物的水汽。琉璃繁缕散布在碎石上，总在早饭时间绽放，午饭一过就收起花瓣。一株巨大的菊蒿在油桶边盛放。常绿五舌草（原产于西班牙）是整座花园里长得最欢的，在土豆地里、小径上、花盆里四处乱窜。在粗糙的草丛中，它们清亮的蓝色花朵点缀在峨参的白色蕾丝大花旁，仿佛钴蓝色的纽扣。

最奇怪的杂草在6月出现了，旧菜园中出现了零星几棵神秘的红脊幼苗。直到盛夏它们才露出身份，原来是丰茂的曼陀罗——这种植物打从我在米德尔塞克斯荒原上到处采集植物时就一直紧跟着我。到7月时，它们淡蓝色的花朵娇美地绽放在一行行灰头土脸的四季豆和番茄苗中（番茄与曼陀罗还是同属茄科的亲戚）。到了8月末，它们就结出了带刺的板栗似的果实。天知道它们是怎么到了我的花园里的。如今最常见的种子来源就是来自南美洲的成包的花园肥料。但古时人们会种植曼陀罗以获取生物碱类药物阿托品和东莨菪碱，用来治疗哮喘和消化系统紊乱，并且曼陀罗的种子已被证明可以长期休眠。要是我们那种大麻的先人们也曾在花园里种了曼陀罗，我可一点都不会吃惊。

我想也存在那么一点微弱的可能性，是我自己无意中把它们带来的，种子可能来自一颗30年前被采摘下来的、一直躲在箱子一角的果实，也可能被夹在了书页间——可能就正好夹在画有曼陀罗的那一页。渐渐地，我发现杂草的出现根本不是偶然的，从某种程度上说是我们这些花园的使用者和劳作者“造就”了它们——如果你喜欢，也可以说成是“培育”了它们——途径就是我们的个人喜好和行为。许多杂草之所以会出现在这儿，是因为我们就是这样的人，我们自己的过去和经历所造就的人。它们可以反映出我们挖土和割草的方式，我们走的是哪条人行道，我们去哪里度假。根本无须特意带它们来这里，只需在它们到来时给它们一点宽容。

不然如何解释这种一个夏天就遍布碎石之上的奇异植物的来源？它看起来有些眼熟，于是我没有多想就以为它是一棵原本长在附近沙地上的无精打采的蓝蓟（*Echium vulgare*，俗名viper's-bugloss，直译为“毒蛇的牛舌草”）——直到8月末，它越来越像一窝蓝花纹的蛇。蛇一般的形态并非这一类植物获得“毒蛇”之名的原因，这个名字是指它的种子与蛇头形状类似（属名*Echium*来源于希腊语中的echis，意为“毒蛇”）。寻常的蓝蓟在生长时是笔直挺立的。于是我不再漫不经心地把它当作印象派画作中被抹成一片雾霭的夏日杂草，决定好好观察这碎石上的不速之客。透过放大镜，我发现它布满褶皱的蓝色花朵中间雄蕊较短，高度没有超出花瓣——植物学家把这叫作“内藏”（included）。常见的蓝蓟长着长长的粉色雄蕊，看起来像是正从花的口中探出并且不停颤动——这是它另一个像蛇的特征。这是一个不同的品种——小花蓝蓟（*Echium parvifloru*），一种长在地中海地区田地和干燥荒地中的一年生杂草。是不是我们上个假期去普罗旺斯，踏过繁茂的农田时有几颗种子藏在我们的鞋底，跟我们一起回来了？无论它们经过什么路线抵达这里，几乎可以肯定的是，把它们带到我们家的是我们的生活方式，而不是什么抽象的植物传播种子的原理。它们是为我们量身定做的杂草。

马鞭草可能是另一个例子。它细长结实的茎上开着小小的明亮的淡紫色花朵，仿佛慢慢燃烧着的烟火。它时不时地出现在我们的石砖路上，跳进我们的花盆，或躲在低矮的豆子中间。在附近几处沙质土壤的路旁可以看到它的身影，可能它就是从那里来的。不过它可是盎格鲁—撒克逊人的圣草之一，中世纪时人们认为它可以抵挡巫术、治愈瘟疫，波莉在自己帮忙照管的诺里奇主教座堂药用植物园中虔诚地种着这种植物。她在植物园中用的工具与她在我们家没那么神圣的土地上翻耕的工具是同一套，于是小块零星的土壤便在两座花园间穿梭着、交换着。如果爱德华·索尔兹伯里爵士依然在世，他很可能可以从我们轮胎上粘着的植物线索中推测出我们每天的活动。

我喜欢这种把杂草当作考古物件来挖掘的想法，它们像箭头或旧书信那样呈现历史，描绘着我们的习惯与信仰。不过从另一个角度来说，它们与博物馆中的藏品一点也不一样，它们还生机勃勃地四处活跃和捣乱。在发现有一行香蜂斗菜长在了我们停车位旁的树篱下时，我们俩都感觉到了一种宁静的喜悦。这是一种分布在英国部分地区的惹人讨厌的道旁杂草，但它有着有趣的身世背景和迷人的性情。在欧洲这种植物直到18世纪晚期才为人所知，被发现时它长在法国中央高原皮拉特山的山脚下，它有着淡紫色的柱状花序，冬天开花，簇拥在马蹄形叶片上的花穗散发着香气。它被巴黎贵族采下种在花盆里，摆放在他们冬天的花园中，并于1806年来到了英国。它的俗名winter

heliotrope（直译为“冬日向阳花”）中的heliotrope一词意为“向日植物”，很有误导性。香蜂斗菜的花并不像向日葵那样随着太阳转动；但它们跟真正的“向阳花”——抱茎天芥菜（summer heliotrope，直译为“夏日向阳花”，学名为*Heliotropium arborescens*，原产于秘鲁）有着一样的诱人的杏仁糖和香草的香味，这种香味使得香蜂斗菜得到了另一个名字——“樱桃派”。它们最早在临近冬至时就开花了，给这一年中花香最为匮乏的日子带去了芬芳，也使得这香味既带有圣诞气氛，又裹挟着春日气息。我刚搬到诺福克郡时，独自借住在一座宽敞的16世纪的农舍里，那年冬天我的书架上就一直摆着一瓶香蜂斗菜。

但从资源有限的地中海故乡一跃来到北方肥沃的土壤，香蜂斗菜失控了。因为横行霸道，它被大部分花园驱逐，并在潮湿的路旁安顿了下来。它们大片大片地散播（有些植株甚至不会开花），用自己常绿的叶子拼接成一片令人窒息的大伞，把低矮的花草遮蔽在身下。但在阴冷的12月没有其他任何花朵开放，它还是可以轻易触动你的心弦。

倘若花园里没有白屈菜，我就会觉得少了点什么。这种难看的开黄花的杂草古时便被人从地中海地区带来，它也是带我进入植物间文化关联这一复杂领域的植物。最开始引起我兴趣的，是它的俗名（greater celandine）竟然与跟它几乎没有亲缘关系的榕叶毛茛的俗名（lesser celandine）大小对应。celandine一词来源于*knelidon*，希腊语中指“燕子”，而白屈菜（*Chelidonium majus*）之所以得此俗名，可能是因为它开花的时间正是燕子归来的时节。约翰·杰勒德却不相信这个说法，他认为原因是“有些人认为失明的母燕若服用这种草，便能重新看见自己的孩子，这纯粹是无稽之谈”。我顺着这个线索查找，发现这一说法来自中世纪时的草药医生，他们显然不认为这是无稽之谈，并推荐用这种植物来清除“粘在眼球上的黏滑物”。（这是一味猛药。它分泌的橙色乳液腐蚀性很强，可以用来烧灼皮肤上的疣。）我听说在建于1289年的牛津基督堂主教座堂里圣弗丽德丝维德的神龛上可能就刻着这种植物，亲见之下发现它的裂片叶被准确无误地雕刻了出来，旁边还有以同样写实手法雕刻的枫树、山楂和常春藤。白屈菜的出现可能并非单纯做装饰用，或出于巧合。圣弗丽德丝维德是牛津的守护圣徒，同时也是盲人的恩人。她是12世纪一位麦西亚国王的女儿，因不愿接受包办婚姻而出逃。她那不幸的求婚者后来失明，出于悔悟弗丽德丝维德隐居到了一座修道院中。不久她就在牛津上游的宾谢伊村召唤出了一口圣井。这口井里的水被认为对眼疾有奇效，而似乎也是这口井奠定了她崇高的地位，因此白屈菜——一种主要用来治疗眼疾的药草——才会出现在她的神龛上。

白屈菜如今已成了牛津的代表性杂草之一。我曾看到它出现在停车场边上，长在这城市历史悠久的墙壁上，又在名校的楼梯下发出芽。我希望终有一日我来到宾谢伊村时能在那里看到它。古井依然在，半掩在村中教堂背后几级长满苔藓的阶梯下。但这里没有白屈菜，只有一小丛榕叶毛茛，但它开花的时间比燕子的归期要早上2个月，而它之所以拥有一个与白屈菜类似的名字，可能仅仅是因为两者花色相近。

古怪的偏好可以引发许多远在你花园之外的结果，这是杂草中的多米诺效应。我十分喜欢双花白屈菜的古怪模样，在我还住在奇尔特恩时，有一次我从邱园那一大片茂密的双花白屈菜中偷了一个蒴果。它在我的小花园里顺利发芽，第二年我们那水泥人行道的裂缝里也冒出来了一些。2年后它蔓延到了隔壁邻居那儿，到我搬往诺福克郡时，我已经能沿着双花白屈菜的轨迹走出1/4英里（约合402米）远了，这轨迹沿着我们这条街一直向前，穿过主干道，进入了一座工厂的停车场，到这里后它们便向一堵高墙攀爬，因此停住了前进的脚步。我家在诺福克郡的花园里也长出了单花品种的白屈菜，但它们完全没有双花白屈菜那种大胆冒险的活力。

大部分“新晋”杂草都是以逃离花园为起点的。最忘恩负义的是，你花园里的植物哪怕足不出园，也能摇身一变，成为肆无忌惮的杂草。它们凶猛的扩张趋势仿佛在嘲笑你之前的精心护养。它们攀上墙壁，钻进墙中，让原本整洁利落的四方形菜畦变成了立体派画作般的五颜六色、七零八落。雄黄兰的球茎到处安家，有时甚至就长在我们为了烧掉、铲除它们而点燃的火堆旁。薄荷侵入了草坪。连草坪自己也变成了可怕的杂草，不屈不挠地向毗连的土地渗入，而这些土地我们本想用来种些别的。我弄来几吨碎石灰石，想要打造一座地中海式花园，结果这一做法实在太成功，以至于在我的精心照料之下度过严冬的那些植物如今开始互相侵略，而我不得不花上比除杂草更多的力气来拔掉牛至和大戟的幼苗。

我将一种植物引入这片已杂草遍地的草地中，以控制那些杂草中的“杂草”——像是匍匐披碱草和黑麦草这样长得过于茂盛的草类——结果这种植物自己反倒成了一个侵略者。小鼻花（yellowrattle，直译为“黄色的发出嘎嘎声的花”）之所以得名如此，是因为有风吹过时它的种子在鼓胀的种荚中会嘎吱作响。它是一种半寄生植物，长有绿叶，可以自己制造一部分食物。但它的根上有吸根，可以附着在其他草的根部吸取营养，使寄主丧失活力。那些野生植物园艺手册会让你把它种在即将失控的草地上，以控制草类的长势，同时给美丽的野花更多生长空间。但这些手册没有告诉你的是，小鼻花也可以寄生在其

他很多物种身上。它这来者不拒的习性是我的朋友克里斯·吉布森博士的研究课题。他逐寸逐寸厘清了这种植物根部的寄生过程，发现它的寄主至少包括十几科不同的植物。因为它，我家草地上的三叶草和蚕豆已经虚弱到跟草一样矮小。在它长得密集的地方根本看不到草类生长，我甚至怀疑它们是不是开始自我寄生了。但没有什么生态系统是一直稳定不变的。2010年初那场可怕的寒潮使得小鼻花的种子大量萌发。之后那段持久干旱的日子中，几片已经很虚弱的草开始死去，很快它们的寄生者也开始死去。到仲夏时节，草地上已经出现了零星的几块不毛之地，这些地方很快被更加传统的杂草占领了。小鼻花看上去只是个吃白食的讨厌植物，可它也能用自己的方式缔造出生态系统里的生物多样性呢。

但我们找到了和我们的杂草抗衡的方法：只需要转换一下角度，心理学家们称之为“重构”。所以，偶尔从土豆中冒出来罂粟和麝香锦葵，就由它们生长，还能把它们当作观赏植物。它们不会造成什么伤害，反而会把原本灰暗的菜畦装点得让人眼前一亮。若旋花爬上山楂树或帘子，然后得意扬扬地开出耀眼的白花，十分欢迎，要是有谁说它不如圆叶牵牛美丽，那绝对是违心的。不过倘若它跑进岩蔷薇丛中，我们就会把它那长而卷曲的藤拔掉——这真是一个让人无比舒心的除草工作，因为旋花藤不像线球，自己不会缠乱打结（不过它们可以被打成结，所以素有急智的波莉会拿它们当临时草绳用）。

而且杂草也是昆虫们生存的必需品。钩粉蝶会从开花早的毛茛花中采集花蜜。荨麻蛱蝶、孔雀蛱蝶和红蛱蝶的幼虫以荨麻叶为食。而对于“杂草为何而生”这样一个问题，其中一个答案可能就是“蛾类”。官方名单中以杂草为食的蛾类里，有四分之三的种类我都没有见过，但它们的名字却带着浑然天成的诗意：斑点栗色夜蛾，黑夜蛾，红丝线尺蛾，黄线素色夜蛾，雅弄蝶，大理石纹尺蛾，乳白波纹姬尺蛾，黑纹双点潢尺蛾，地衣展冬夜蛾，豹灯蛾，黄绿灰蝶，绿组夜蛾，灰琴夜蛾，怀特岛波纹姬尺蛾，大展冬夜蛾，暗褐潢尺蛾，棕白波纹姬尺蛾，桦霜尺蛾，细棉玻灯蛾，三叶窄眼夜蛾，石冬夜蛾，波特兰缎带波纹姬尺蛾，老木冬夜蛾，旋姬尺蛾，亚麻篱灯蛾，绸缎波纹姬尺蛾，八字白眉天蛾，球菜夜蛾，双点小柄尺蛾，白纹草丛古毒蛾，车前灯蛾，金黄贝壳尺蛾。

我想，我们对杂草产生最大影响的地方就是草坪了，并非因为我们清除了它们，而是因为我们的割草方式是齐齐地修剪掉它们和草类的顶端。这一做法，依杂草的生存规律，意味着我们给那些喜欢去除顶端和已经演化成叶片贴地生长的品种带来了优势。所以草坪上一年

到头都长着茂密的车前草和蒲公英。早至1月——此时离修剪草坪还有很长一段时间——第一波雏菊就已经在草地中零星探头（人们说，当你一只脚踩下去可以踩到三朵，或者七朵，或者一打——此数字因人而异，就算是相邻的两家人标准也不统一——雏菊时，就说明春天来了）。3月里绽开的是金钱薄荷，它的花把一抹蓝色和紫色铺到了草尖下方。倘若山毛榉遮在了一小片草地上方，那么只要几个月时间，它们就能把树荫下的草地置换成一片属于自己的、闪着金属光泽的蓝色。

但最出众的草地杂草当数榕叶毛茛，它的花朵带有一种“这里就是春天！是新的太阳！”的决绝气势。我们花园里的榕叶毛茛颇为挑剔，只有在樱桃李下一个潮湿的角落里才会真正茂盛起来，这里我们一年最多只修剪三四次。但每年从2月中旬开始的大概6个星期里，它会让那片树下的空地闪闪发光。这是唯一可以用的词语。榕叶毛茛的花瓣与毛茛类似，似乎有反射光线的能力，仿佛它们是黄色金属，或者油，或者——更确切地说——是融化的黄油做成的。约翰·克莱尔讲过一个游戏，游戏中孩子们会把盛开的榕叶毛茛花端放在下巴下方（如今的小朋友会用毛茛），看看金色的反光是不是预示着光明的前途。一个生活在现代的沃里克郡的小朋友听错了它的名字，把它叫作“柠檬眼睛”。

这些花朵模仿起太阳可真是一丝不苟，天气温暖时它们就盛放，寒冷的日子里则合拢花瓣。在多塞特郡，榕叶毛茛被称作“春之信使”，这名字简单明了。我小时候曾每年都试着采一把盛开的榕叶毛茛做情人节的花束，但有一年的2月实在太冷了，我不得不用取暖灯照着它们催开花苞。华兹华斯[105]注意到了它早开的花，奇怪为什么这样灿烂夺目的花朵没受到更多赞美。在为杂草而写的一首诗前，他写了一段简短的说明：“值得注意的是，这种花开在如此早的初春，如此明亮美丽，如此饱满丰茂，应该更早地被英国诗歌留意到。更为它增添趣味的是它那会随光照和温度开合的习性。”

我们这些与华兹华斯有同感的人，不明白为什么大部分草地都不欢迎榕叶毛茛，也不明白为什么人们更喜欢纯绿色的天鹅绒般的草坪，却不喜欢多彩的花幔。不过这当然不只是一种审美上的偏好。我怀疑大部分园丁都喜欢榕叶毛茛、雏菊和婆婆纳。但要是它们出现在别的地方——在草甸上，在路边，在孩子手上的那捧野花里——就更好了。英国的草坪也许不像美国草坪那样象征着社会的统一性，但它也在形成一套自己特有的标准，使它与其他种类的草地都不一样；可一朵野花就会把它变成另一种类别的草地，变成草甸。这朵野花，就像其他所有站错了队伍或者跑错了位置的植物一样，因此符合了杂草

的定义，变成了杂草。

但也有一些植物因其高贵的血统，几乎让所有割草者都止步于前，只有最决绝的人才能做到对它们一视同仁。我们的国产兰花与一些世界上最美丽的花卉拥有一个共同的祖先，这一科外来植物魅力十足，它的纯种后代是当代花卉商人们的主要产品之一。它们外形美丽，珍贵罕见，血统出身更是无懈可击。一旦认出它们的品种，就知道它们是世界上最不可能成为杂草的植物。但我们本土的两个品种喜欢长在低矮的草地上，因此经常入侵草坪。于是一个经典冲突产生了：难以抵抗的入侵者，也是地位稳固的贵族。

旋花绶草生长在英国南部白垩土质的乡村。它主要见于已经被羊和兔子啃食的较矮的丘陵草地，但也经常在老旧的草坪上冒头。我曾在肯特郡看见一座网球场上长满了它们细长的茎和白色的小花，花很不起眼，大部分人可能都不会多看它一眼，但实际上它们以螺旋形排列在茎上，闻起来还有一股丁香水仙的香气。

但没有人会忽略蜜蜂兰。我记得第一次见到这种花是在奇尔特恩白垩丘陵上的一次傍晚野餐中，那种感觉就像我已经在植物学的仪式中获得了某种隐秘的圆满。这不仅仅是因为它那不可思议的外形——粉色的精灵翅膀与棕色的蜜蜂身体相结合，充满了奇幻感；它们看起来似乎超越了整个植物界，仿佛它们本来是瓷器和丝绒上的图案，却在太阳的照射下神奇地成真。它们冲击了我心目中关于一朵花应该是什么样子的概念，让我意识到那些概念是多么地人类中心主义，多么孤陋寡闻。

我不是唯一一个被蜜蜂兰似虫似花的外表搞晕的人。根据进化生物学家们的说法，这种花形成这么奇特的外形是为了欺骗真正的蜜蜂。理论上蜜蜂会把这种花错当成自己的同类，满怀希望地与它进行一种叫作“假交尾”的行为，并无意中将花粉蹭到腿上，然后当它与下一朵花再次假交尾时，花粉就会被传播过去。问题是这种花并不想扮演达尔文理论中的那个角色。它是一种完全自花传粉的植物，而在英国甚至从没人见过哪只蜜蜂试着对它跳求偶舞。

蜜蜂兰还具备一些我们熟悉的杂草技能。它的花会产生数千粒尘埃般的种子，它们乘着风可以飘出很远，如果掉落在已被开发过的白垩土地上，就能长成巨大的花丛。老旧的采石场是蜜蜂兰的典型生长地。它们还会成群出现在更显眼的地方，比如化工厂的废土堆上、希钦镇外新落成的十字路口圆形花坛里、米尔顿凯恩斯电话局停车场的边缘和牛津郡一所私立学校的跑道上。

蜜蜂兰从发芽到开花需要长达8年的时间。但在第三或第四年时，它们的幼苗会长成像车前草那样扁平的丛状，这样不但不怕轻微程度的割草，甚至还能因割草除掉了竞争者而受益。在我们家的晾衣绳下就长出了一丛蜜蜂兰，而这块地方的草的高度我一直控制在1.5英寸（约合3.8厘米）以下。我在1月就注意到了这丛植物，但不太肯定它是什么物种。到5月时它们的身份已经确定无疑，7月中旬它们便完全盛开了。我猜这颗种子一定是从离我们最近的那个蜜蜂兰群落吹过来的，它们生长在距这里只有半英里远的一个蜜蜂兰喜欢的典型的地方：变电站周围的沙质土壤，当地的孩子们常在这里玩自行车。

它们是那一年最让我们骄傲的花卉，有客人来时我们会第一时间向客人炫耀，那丛有年头的月季则被它们挤到了后面。但对于恪守完美草坪标准的人来说，蜜蜂兰可能会造成一种棘手的两难境地。我还住在奇尔特恩时，曾有一位女士联络我，原因是她家草坪上长出大量不明植物。按照她的描述可以肯定那是蜜蜂兰。当我前去调查时，我竟在那片小小的草地上数出了超过一百朵盛放的兰花。不过不知道她用了什么方法将花丛之间的草地全部修平了（用的可能是电动剃须刀，因为修剪的位置实在太精确了）。这些没有叶子的兰花，孤零零地站在光秃秃的草坪上，看起来像是一个个塑料小风车。

但有一种杂草，即便是像我们这样采取放任策略的人也无法忍受。宽叶羊角芹不会骚扰你种的蔬菜，也不会出现在草坪上。但花园边上的绿草带是它们寸土必争的地方。它们不只会填满种植花卉之间的空隙。它们会将这些花挤开，用自己蚯蚓般灵活的白色地下茎巧妙地包围或插进任何挡在前面的根系。宽叶羊角芹基本对除草剂免疫，也很难用手动除草的方法处理。任何留在土壤中的根的碎屑都能长成一丛新草。为何它至今还没从花园中走出去（比如要从我家花园走出去只有50码距离），成为所向披靡的农业杂草之一，真是个谜。

由于宽叶羊角芹的行为特征和对已开发土地的偏好，它常被界定为外来入侵者，是一种很早便从欧洲内陆引进的植物。在对史前遗址的挖掘中从未找到过它们曾存在于英国的证据。罗马人很珍视这种植物，因为它既可以做草药（主要用来治疗痛风）又可以做蔬菜，很可能正是罗马人把它和小茴香、亚历山大草——两种很快便适应了英国环境的烹饪用植物——引入了英国。它很快就为人们所熟悉，有了各种俗名。“痛风草”一目了然，正如此名的一个变种“主教草”一样（众所周知，主教大人们易患这种病症）。“跳来跳去的杰克”出现于16世纪，这个名字暗示了宽叶羊角芹的一个行为模式，这一模式后来被约翰·杰勒德确认，他以不寻常的绝望语气写道：“它一旦在哪里生根，

就很难再被去除，每年都会毁掉、占领更多土地，去搅扰那些更好的植物。”“每年都会毁掉、占领更多土地”是对它的扩张模式的准确描述。只要一个夏天的时间，每株宽叶羊角芹都可推进多达3英尺（约合0.9米）的距离，因此每丛植物占领的面积超过1平方码（约合0.8平方米）。它的根也会向下延伸到空前的深度。20世纪90年代，在肯特郡的一座采石场，一个工人发现，即便是到了离地面30英尺（约合9米）的深度，宽叶羊角芹的根也依然在向下钻。

它传播的方式与荨麻和旋花类似。形成网络且带有新芽的地下茎在地下分叉，不仅向空闲的土壤中渗透，而且连其他植物根系的夹缝也不放过。每一根茎都能在一个季度的时间内伸长3英尺，茎的末端是几个长有叶子的分枝，有些分枝着实让园丁们气恼，倘若它们丑到能让人毫无保留地憎恶也就罢了，偏偏它们到了6月又会开出伞状的美丽的乳白色花朵。并且，就像旋花一样，它们坚韧的根系或芽若被锄头、铲子斩下任何一点碎片，这碎片都能再形成一株新的植物。

在我们刚搬进来的时候，花园宽阔的绿草带里已经长了许多宽叶羊角芹。频繁的锄草和拔草会使它们看起来变少了，但几周以后又有更多植株冒出来。它是波莉在她的园艺生涯中最痛恨的灾星，她还灵光乍现地给这种仿佛永生不死的女巫之草起了个简称，以便出口时更有力地表达她的怨恨。于是宽叶羊角芹的俗名groundelder被她简化成了Grelda，她叫它格雷尔达。

最后我们不得不采取更加激烈的措施，才能把它们控制在可以接受的程度。我们决定把宽阔的多年生植物绿草带宽度减半，以减少宽叶羊角芹带来的除草工作量以及其他各种工作量。所有现存的花都被连土挖出放在一边，然后波莉开始了艰苦卓绝的净化过程，相比之下，梭罗种豆时那“赫拉克勒斯的劳役”就像整理窗边的花箱一样轻松。她将土地挖到2英尺（约合61厘米）深，在其中筛找细小的白色地下茎。她把每一株花的根都在水中浸洗，然后用小刀和叉子一点点清理，直到所有纠缠在上面的宽叶羊角芹的根都被清除。缴获的所有根茎都被聚拢在一起一把火烧掉，花朵则被重新种回土中。

第二年春天，宽叶羊角芹只零星可见。但现在就庆祝全面胜利可能还太早。在各处，在花坛边缘，我还能找到几片正逐渐展开的宽叶羊角芹。我小心地拔掉这些植株，尽量不把根弄断，想看看它们是从哪里长出来的。每一棵植物似乎都是从一小片残根上发芽，而这些残根太过纤细，很容易在大清洗中被忽略。新芽并不是从蛇一般的根部残片的突起节点上生出来的，而是从残片尖端的球状突起中再生。在显微镜下观察时，整个生长点、下一代的发源处看起来恰似四处探寻着的精子，这是巫女格雷尔达的另一半。

第十章

柳兰

——火杂草

“这里仿佛一片魔法之境。”战地画家威廉·奥尔彭[106]爵士第一次看到法国索姆河那曾经的战场上热烈盛放着的虞美人时，写下了这样的文字。对我们而言这句话很难理解，但在极难得的某些时刻，战场看上去也并非地狱，英国士兵们能在这里看到一片野生花园。好像杂草们要在一瞥之间告诉你生命是多么顽强不屈，即便周围发生的种种都在说着完全相反的故事。泰德·威尔逊上尉是一名29岁的老师，他在给母亲的家书中描写了暮春时节壕沟里的五光十色：

> 在镇子和我们的驻扎地之间是一个村庄，这里已经被毁得不成样子——教堂的塔尖残破不堪，房屋墙壁被炮火轰得像马蜂窝一般。后来这里长了一片极为灿烂的黄色花朵——应该是某种芥菜或白芥——阳光下它们的味道像极了焚香的香味，天上还飞着百灵。有一块空地扯上了带刺铁丝网——网都锈成了橙红色——就在刚才，有一只野兔从里面钻出来，直直坐着，眼里带着惊恐，耳朵被透过的阳光照成红色。还有壕沟。人造与自然混合在一起，难以用语言形容。土堆上长着千里光和耀眼的蒲公英，还有繁缕，以及琉璃繁缕，这些花全都放肆地开着。

如果说军官在家书中对战场上这勃勃生机表现出的喜悦常常是一种单纯的“因物而喜”，那么普通士兵更多的则是因景伤情。他们中的大部分人都来自乡村，战场的混乱中长出的野花与他们在家乡土地上看到的是完全一样的品种。于是它们以一种最为奇特也最为悲切的方式——壕沟花园——成了人们在恐惧中与故乡温存的载体。一名《花园》杂志的前编辑写信回家，告诉家人像白屈菜和疆南星这样的杂草是如何被从周围的地里移栽到壕沟中，人们又是如何沿着壕沟边缘辟出一小块一小块的地方，并拿炮弹残片围住，用来种植它们。一名士兵则描述了一条只有47码（约合43米）长的壕沟布满了“编织篮和格子墙……看着旱金莲爬上格子墙，地道与连接点都有了一种家的气氛”。

倘若在一些人看来战场只能算是个象征意义上的花园，作为农田它可是实实在在的，而战争本身则是一种对农耕的怪异仿效。伊瓦尔·坎贝尔上尉在1915年的家书中写道：“放眼向乡村望去，平坦、宁静、一片祥和，我看到的是一片看起来像被巨人的犁翻耕过的土地。”诗人约翰·梅斯菲尔德给妻子的信中有一段苦涩而真实的描写，记述了一座真正的法国农场如何变成了一堆腐败之物：“我们把这片农场和砖瓦和池塘和大部分堆粪场以及所有的树所有的田都炸成了尘土、碎片和空洞，直到什么都不剩……尸体，老鼠，旧罐头，旧武器，步枪，炸弹，腿，靴子，头骨，弹药筒，木屑和锡和铁和石头，

腐烂的身体和溃烂的头的残部散布在每一处。”第一次世界大战中的诗人们注意到，用来说服士兵们上战场的理由是“为了保护并以某种方式拥有英国乡村的自然之美”，而这却要通过破坏同样美丽的法国北部乡村来达成，诗人们看出了其中的讽刺。艾弗·格尼目睹着法国——“一片可爱的土地，几个世纪的美好生活造就了它温柔和仁慈的秉性”——被变成了一片荒野。埃德蒙·布伦登将农业上的类比与共鸣引向了合理的结论，他的诗作《乡村经济》以一个农民的口吻讲述战争，讲述他如何播种钢铁又以血肉灌溉它们。

为什么，即便是这沉思的农民所熟悉的

树林和田野

也沦为锄下的泥土，被耕犁，

如果要他来计划，他也会这么做；

这田野和林地，都是被骨头滋养的沃土，

会很快带来大丰收。

首先，这大丰收是杂草的丰收。威廉·奥尔彭造访索姆河战场时，距离41.5万人在此丧命只过了6个月，他被眼前的景象惊呆了。在他的回忆录《一个在法国的旁观者：1917—1919》中，他写道：

> 我永远不会忘记第一次看到的夏日的索姆河。我把这记忆放在一片泥污之中，那里什么都没有，只有水、弹坑和污泥——这是一个人所能想象出来的最昏暗、最阴郁的令人憎恶的荒凉；而现在，1917年的夏天，这里却美得找不到字句形容。那片忧郁阴沉的污泥被炙烤得洁白而纯净——是那种耀眼的白。红色的虞美人和一种蓝色的花，大片大片开着，不知绵延多少英里。天空是纯净的深蓝色，整个空中直到约40英尺（约合12米）高的地方，有许多白色蝴蝶在上下飞舞着。这里仿佛一片魔法之境；但在这片仙境中，竖着成千上万的白色小十字架，每一只都代表着一个无名的英国士兵。

但欣欣向荣的不仅仅是杂草。1915年夏天，伊珀尔[107]曾经的战场上收获了更丰厚的利润。战争结束后没几个星期，法国农民们便拿回了他们的土地。他们填平壕沟和弹坑，开始犁地。在人们的记忆中，庄稼从没长得这么好过。在几个月前还是战场的地方，如今杂草和小麦却丰茂得反常，《乡村生活》杂志闻讯对此评论道：“战争的

大潮退去后，许多记者都注意到农业收成丰饶到令人称奇，仿佛连土地也急着要一扫因战争造成的荒凉。”杂志十分聪明地指出这次丰收与“战争中的红雨”——死去的英国士兵——没有任何关系，并把原因全归结到了敌军营地的身上：“化肥和军火的原料有很大一部分是相同的……爆炸物中含有大量硝酸或硝酸盐以及钾盐……德国人从农业中提取的用来杀死法国人的化肥成分，最后竟真成了滋养法国良田的化肥，这真是莫大的讽刺。”

让看到虞美人的人感触最深的是它们那种重生后的绚丽灿烂，并且因此造就了一个直到近1个世纪之后还能引发人们共鸣的象征符号。从古时候起虞美人就是生与死的象征。圣彼得提到它们时强调的是它们生命的短暂：“凡有血气的，尽都如草，他的美荣都像草上的花。草必枯干，花必凋谢。”但在基督教传统之外，它们更常作为多产和新生命的象征，血红的花瓣彰显着大地的生命力。与索姆河战场情况完全一样的先例是滑铁卢，滑铁卢战场被翻耕后长出的虞美人，被认为是来自遭到屠杀的战士的鲜血。

但在19世纪的最后几年中，这种植物的头顶萦绕起了一种更为多愁善感的光环。有一段时间它成了一个村庄的代表元素，这是诺福克郡北部海岸靠近克罗默的一个小地方，因为《每日电讯报》的戏剧批评家克莱门特·斯考特[108]的缘故还获得了“虞美人之乡”的称呼。斯考特是在19世纪80年代时开始来这里访问的，他住在一个当地的磨坊主家，远离那些受游客欢迎的海岸景点。他爱上了磨坊主的女儿，也爱上了当地的景色，他认为自己是在这些开遍田埂与路沿、开满悬崖峭壁的鲜红的花朵中顿悟的。他开始为自己的“虞美人之乡”写狂热的专栏文章，把这里描绘成了一片古时那种往来耕作、怡然自乐的世外桃源。虞美人之乡很快名声大噪，斯考特一直想避开的那些城市观光客蜂拥来到这些小村庄，他们来时搭乘的火车线很快被大东方铁路公司重新命名为“虞美人线”（如今这个名字仍在沿用）。

斯考特为虞美人之乡所写的作品中，最著名的是一首以塞德斯特兰德崖顶教堂的墓地为背景的诗，后来这首诗还成了一首畅销的流行歌曲，歌名叫“长眠之园”。这首诗极为伤感，并且部分借用了一个常见的错误概念，即虞美人有着和罂粟一样的催眠作用。但在我们这些已经知道30年后将要发生什么[109]的读者看来，这首诗不免让人觉得像是某种可怕的预言。

在悬崖的草地上，在峭壁的边缘，

上帝种下了一座花园——一座长眠之园！

在天空的碧蓝下，在谷物的翠绿中，

高贵的红色虞美人就此诞生！

短暂而充满渴望的日子里，绵长而快乐的梦境中，

当我第一眼看见我的虞美人之乡时，它们就都是我的。

在远处传来的音乐声中，我双眼泛着泪光，

是那里让我铭记，也是那里让我遗忘！

哦！我心所属！我正在静默的田地里，

在虞美人诞生之地，等着你。

安睡吧！长眠吧！

在我的长眠之园，开满红色虞美人，

我独自与死者一起等待活着的人！

这首歌会勾起人们内心深处对失去的爱人和英国的夏天的回忆，也许30年后另一座长眠之园[110]中的人们还会记得它。但这其中很可能不包括约翰·麦克雷[111]，因为正是此人的诗激发了定立荣军纪念日的想法。麦克雷1872年出生于加拿大，后就读于多伦多大学，毕业后成了一名内科医生。第一次世界大战爆发后他自愿成了一名加拿大军医，军衔为中校，1914年底他正身处西方战线。第二年5月，他在给母亲的信中栩栩如生地描述了两军互相炮击的场面："然后大型榴霰弹——这是种在空中爆炸的武器——会发生两次爆炸，好像一个巨人抓住一张湿了水的帆抖了两下；第一次会冒出深绿色的烟，第二次则有一股颜色较淡的黄烟从炮筒中央向前喷出。"而他也记录了红色虞美人的大爆发以及它们所代表的含义。

那年12月，对伊珀尔发起的第二次攻击异常猛烈，他负责治疗战斗中受伤的士兵，此时他回忆起那片红色花海前的所见所想并写成了一首诗，匿名寄到了《笨拙》（英国著名幽默杂志）。杂志在1915年12月8日刊登了这首诗。

在佛兰德战场，虞美人正盛放

开在十字架之间，一排排一行行

标示我们断魂的地方

百灵依旧高歌，展翅在蓝蓝的天上

可你却难以听见，因为战场上枪炮正响

我们死去了，就在几天前

我们曾经拥有生命，沐浴曙光又见璀璨夕阳

我们爱人也为人所爱，可现在却安息在

佛兰德战场

继续和敌人战斗吧

颤抖的双手抛给你们

那熊熊的火炬，让你们将它高举

你们若辜负死去的我们

我们将不会安息，尽管虞美人

染红佛兰德战场[112]

这首诗后来在世界各地转载。在美国，一名叫作莫伊纳·迈克尔的基督教青年会工作人员深受感动，于是发誓余生都会佩戴一朵虞美人。1918年11月——此时距离麦克雷在滨海布洛涅协约国医院逝世（死因为肺炎）已有10个月——迈克尔的一位朋友发起了一个计划：在法国用布制作虞美人，售出后所得收入用来帮助难民重返被战争破坏的家园。1921年英国皇家退伍军人协会成立时，她成功说服协会接纳她的这一计划，而且在当年第一个荣军纪念日，退伍军人协会全员佩戴了法国制造的虞美人。布制虞美人售得10.6万英镑，退伍军人协会立即制订计划，将生产线转移到英国。近一个世纪后，最后一名幸存的“一战”老兵去世，武装冲突还在世界各地继续着，但人们依旧用佩戴虞美人的方式来纪念那场“为了结束战争而打的战争”。荣军纪念日的虞美人不仅代表着希望战胜了经历，在这个充斥着朝生暮死的人造品牌形象的世界里，它们还成了最为常青的自然象征符号之一。

第二次世界大战中的毁灭也孕育了虞美人，但这次战争的标志性杂草是柳兰，它们在伦敦大轰炸后的那些夏日里，将紫色花海铺遍英国各大城市中被炸毁的区域。它被伦敦人命名为“炸弹草”，而他们中的大多数人此前从没见过这种植物。

这是这座首都城市在300年中第二次几乎被烧为平地。而这一次占领废墟的是一种大火后生长极快的“火杂草”、植物中浴火的凤凰——至于对这种占领是喜是忧，则取决于你的角度了。1666年的伦敦大火曾在这古老城市的中心为中世纪的杂草们创造了一个天堂。原本生长的植物付之一炬。烧焦树木上的层层烟灰被冲到了倒塌建筑物的缝隙中。原本潮湿的地窖和下水道都暴露在了太阳之下。这次赶来泽被废墟的植物——当然数量也十分庞大——是一种开着金黄色十字小花的平素不起眼的芥菜。它被取名为“伦敦火箭”。

这个名字其实源自植物学概念：火箭（rocket）是对*eruca*的讹用，*eruca*是十字花科一种辛辣植物的拉丁名。可“火箭”似乎很适合这神秘的入侵者，大火使得它们的数量如火箭般迅速攀升。不过尽管它的俗名中有“伦敦”二字，它却不是土生土长的伦敦品种，而是一种原本长在地中海多石丘陵上的植物。当然，在17世纪时几乎没有伦敦人知道这一点，但它的突然出现引发了许多好奇和推测。评论家、植物学家罗伯特·莫里森[113]总结说：“这种又辣又苦、有着四片花瓣和角果的植物不是由种子长成的，而是在大火产生的灰烬与盐和石灰的混合物中自然生成的。”

但植物生长一定是有种子的。也许这些植物就生长在伦敦附近，但数量一直很少且不引人注意，直到周围环境变得与地中海的家乡类似，才开始大爆发。也许这些种子是跟国外进口的干草一起来的，马厩着火后它们便随着烟灰被吹散到各处。出于某种原因，它们长得最茂密的地方就是圣保罗主教座堂的周围。

柳兰以前的知名度不比大火时的“伦敦火箭”高多少，而身份也绝对不是四处肆虐的城市杂草。约翰·杰勒德知道它是一种分布在英国北部的罕见的林地植物，并从约克郡拿到了一些种子种在他伦敦的花园里。（他认为柳兰具有很强的观赏性，还写下了一段至今仍是写柳兰的文字中最好的描述之一，见中译本第84页。）大部分18世纪早期的记录都把柳兰描述为一种生长在山地岩石地带和茂密森林中的罕见植物。诺森伯兰郡的第一段记录尤为生动：“在哈德良长城脚下、瞭望塔西侧的石头和灌木中，在克拉格湖边，在斯莱基福德村旁边的南泰恩河河岸上，在纳斯戴尔村里，有许多这种植物……它以‘法国柳’的

名字被引入了我们的一些花园；但它善于逃脱，在石头缝隙这种狭窄得多的空间里长得比在花园种植时更好……它被认为是一种稀有植物。”这不是唯一一份提到柳兰在种植时和在野外时行为特征极为不同的资料。（而且请注意它们的名字“法国柳”，这个标签含有双重意味，即这种植物的优雅——和侵略性——很不符合英国风格。）

柳兰害羞的名声一直保持到了19世纪。在W. H.科尔曼的《赫特福德郡植物志》（1848）中，它被记录为一种生长在林间沙质土壤上的罕见植物。差不多同一时间，一位女士绘制了一幅细节一丝不苟的柳兰，作品准确表现了花瓣的深红色和褶皱——但品种被错误地鉴定为“柳叶菜”。这位来自格洛斯特郡塞文河畔弗兰普顿的克利福德家族的女士为他们当地的花草画了许多作品，十分精美且植物形象通常都可信。而在汉普郡，C. A. 约翰斯牧师在他的经典作品《田野之花》（1853）中，将柳兰描述为“在野外不常见，但在花园中很寻常”的植物。伊丽莎白时代和维多利亚时代的柳兰看上去与后来开遍伦敦废墟的杂草柳兰在外形上并无二致。但它的行为模式却变化很大。过去的柳兰总是被描述为隐居的、罕见的植物，躲在阴影中的幽灵。是什么把这种害羞的林地花朵变成了最成功的城市杂草之一，以至于到20世纪末，它已开遍了英国每一座城市停车场和铁路的路堤？

这种改变始于19世纪的最后25年。植物学家们注意到这种植物正在扩散，并且似乎是按照与牛津千里光一样的模式，即沿铁路系统前进。在第一次世界大战中，它数量剧增。它开始大片地出现在因战争而被砍伐的森林中。突然间人们明白了为什么整个北美洲都把它叫作“火杂草”。无论哪里有森林被砍伐，有灌木被焚烧，第二年夏天这里就会长出一整片柳兰。到了1948年，格洛斯特郡植物志编辑H. J. 里德斯德尔已经基本确定了正在发生的状况，也能肯定，鉴于这种植物数量上的激增，人们在审美上对它的喜爱应该降温了——而就在这里，就在50年前，柳兰还在以稀有之物的面目迷惑众人。“这种植物自1914年前后便由于森林砍伐而开始凶猛散播……它的种子无疑是极易传播的，并且铁路成了它传播过程中一个绝佳的媒介。这种植物只有开花时节才鲜艳美丽，一旦到了结籽时，它会让整个地区看起来萧索又丑陋。”20世纪60年代，就在这个郡，爱德华·索尔兹伯里评论说：“我看到9月初的格洛斯特郡森林仿佛正经历一场夏日暴风雪，大量带着绒毛的种子飞舞在空中。”

20世纪90年代，一名来自白金汉郡的记者告诉我：“本地的猎人在狩猎幼狐时不喜欢让猎犬进入这样的林子，因为毛茸茸的种子会粘到猎犬的鼻子上，使它们闻不出味道。”这种曾被约翰·杰勒德称赞“漂亮且端庄”的植物已经成了一种社会公害。

但这是同一种植物吗？本土物种的行为特征和对生长地的偏好通常不会改变得如此剧烈迅猛。迅速占领混乱的土地正是初来乍到且有侵略性的外来物种的典型特征。在《英国岛屿植物志》（第三版，1989）中，汤姆·蒂坦[114]教授推测可能实际上存在着两种柳兰——*macrocarpum*变种隐居在森林和多石的高山上，而*brachycarpum*变种则来自加拿大或斯堪的纳维亚，后者钟爱被破坏和焚烧过的土地，进入英国的渠道可能是19世纪进口的木材（不过这样就无法解释18世纪这种植物被移栽到花园中后所表现出的侵略性）。但他无法在来自不同生长地的植物间找到稳定可靠的结构差异。更近的DNA（脱氧核糖核酸）检测技术也没能找到两者在基因层面的不同。

不过，最近针对进化机理的研究正在揭示一些无法从单个基因上追踪的变化特征。很早以前人们就知道许多植物——比如刺柏和藜——能以不同的形态生活在不同的地区，但彼此之间并没有基因上的差异。看起来似乎这些表观遗传效应也能在几个季度或几代的时间内出现在个体植物身上，而发生的条件可能只是移栽这么简单。这种适应性行为中，有一些是受到重要的基因复合体的调控，这些基因复合体十分古老且在整个生物界中都有分布。庞大、侵略性强、“杂草性”十足的柳兰实际上可能是在冰川期后开阔、混乱的大地上生长的原始种，而小巧清秀的柳兰则是通过表观遗传学方式产生的适应阴暗和森林的种类。当人类重现了这种植物的原始环境后，原始种便被再次“激活”。

我之前提到过，不同的杂草之间并没有亲缘关系，几乎任何植物科属中都可能出现杂草。但演化遗传学的最新发现表明，许多杂草种类之间可能存在着同样的基本基因复合体，这种复合体使杂草们倾向于——比方说——快速生长、迅速适应。拉斯金曾经对杂草做出古怪且反科学的评价，说它们是“一种天生就倾向于进入错误地点的植物”，但现在看来他的观点可能会被分子生物学证明。

然而柳兰个性的改变引发了人们对它出身的怀疑。当它将紫色花海铺向英国各个城市的废墟时，没人想到并提出它也许是德国人丢下的植物。但即便如此，当时的公众反应也并非单纯的喜悦（例如“废墟上有了新的生命！”），半个世纪后的我们之所以喜爱这样的场景，是出于浪漫的情愫和对生态的了解。柳兰生长在人们曾经居住的地方，这是令人难以容忍的。英国广播公司的口述历史档案《第二次世界大战：人民的战争》中，一位来自谢菲尔德的受访者这样回忆自己的感受（而且，他的感受很有代表性地表现了柳兰并没有被当作本土植物，而是被当作一种从花园逃出的入侵者）：

> 这些长在野外的柳兰被认为是从花园中逃脱的栽培植物。它在花园里看着还不错，可一旦到了狭小的空间里，它那活力十足的匍匐根就特别讨厌……回想起来，那些夏天似乎都很炎热，小小的降落伞一样的柳兰种子被夏日的微风吹在空中。穿过市中心时我妈妈会紧握着我的一只手，我就用另一只手挡开这些种子。但不可避免地会有一颗掉进我眼睛里，然后我就使劲想把它弄出来。我妈妈手里拎着买来的东西，没法帮忙，她就会说："不要再揉眼睛了，一会儿都揉酸了。"我讨厌那些破败的地方，它们像伤疤一样穿过家乡的中心，我也讨厌柳兰躲藏在这些伤疤里。

在伦敦，对野生绿色植物最洞若观火的记录是一部虚构作品——罗丝·麦考利[115]的小说《世界是我的荒野》（1950）。故事背景设在1946年的伦敦，第二次世界大战结束后的第二年。但这部作品的灵感在5年前便已闪现。1941年5月10日，麦考利的住处——包括她的所有藏书——在一次轰炸中被彻底摧毁（这次轰炸也毁坏了大英博物馆中很大的一片区域）。从那以后她的作品中总是弥漫着茫然和悲痛的情绪。她给朋友写信说："我没有书，没有家，什么都没有，只余一双用来哭泣的眼睛。"这一经历很快在短篇小说《安斯特拉瑟夫人的信》中得到了宣泄，这个故事的女主角也失去了她所有的书——以及爱人写给她的所有的信。

麦考利真正好转始于一份来自出版商维克托·格兰茨的礼物——一部完整版《牛津英语词典》。"我的《牛津英语词典》曾是我的《圣经》，我的牧羊人之杖。"她这样写道，词典虽不能替代一切，但至少让她重新振奋起来了。与此同时，她还在进行着一个更为脚踏实地的恢复过程：与她的朋友、同为作家的佩内洛普·菲茨杰拉德[116]一起探索伦敦的废墟，菲茨杰拉德时年二十八九，年龄只有麦考利的一半。她们被轰炸遗址丰茂的野生植物迷住了，这些地方的杂草使它们成了绿色的世界，不像伦敦的其他地方只有单调的灰色。但麦考利看着这些在伦敦古老文明（正如她的藏书室一样，这古老文明也已化为灰烬）的正中心重生的野性世界，也不免觉得感伤和矛盾。长势难挡的柳兰和它们对人类文化的视而不见给两人留下了深刻的印象。"理发厅，"几年后她将在《世界是我的荒野》中写道，"柳兰就是从那个裂口冲进了伊尼戈·琼斯的审判室。"

这部小说从许多方面来说都是麦考利在城市废墟间游走时所思所得的精华，它的中心人物是一对异父异母的姐弟——17岁的巴尔巴里和14岁的拉乌尔，这两人不受管教，跑去加入法国南部的爱国者组织，战争结束时被监护人送到伦敦教养。他们从心理上无法适应传统的英国社会，因此转而喜欢上了轰炸遗址的灌木丛，那里鱼龙混杂，

有非法居住者，有逃兵，还有小偷小摸。而且，他们发现这里的无政府氛围和居住地环境与法国南部的野生灌木丛林很相似，与抵抗运动中的激进主义也遥相呼应：

> （它们）为自己在塌毁的、杂乱的荒地中走出一条路，沿着残破的墙壁，潜入地窖和地下街的房间，这里曾是许多商人贮存酒的地方，铺着华丽瓷砖的房间彼此连通并在巨大的地面下形成地道。这里有沟渠和下水道，它们带着明亮的金盏花，长满蓟草，进入了从前的商务大厅，而黄色的千里光将它艳丽的花朵撒在死去商人的尸体上。

利奥·梅勒在他那精彩的20世纪40年代伦敦废墟相关文献的研究报告中，将这些植物叫作“折叠的绿色”，在这里大自然“在重生中重新占领被人类破坏的城市”，这是一种“大自然健忘症”。但我却觉得这更接近于一种“大自然的回忆”，麦考利这样敏锐深刻的人不屑于使用这些模糊的、绿色的抒情词汇。那些早已消失的古老生意被她写得如纪念碑上的名字一样准确——“马具商，定制服装裁缝，日用杂货商，打蜡匠，理发师，啤酒制造商，箍桶人和马车制造商”；被摧毁的教堂也是——“圣维达斯特，圣奥尔本，圣安妮，圣艾格尼丝，圣伊莱斯—跛子门教堂”；还有城市里新来的杂草们：“一座被摧毁的商业城市，如今长满了绿色和金色的小茴香、千里光、款冬、千屈菜、柳兰、蕨菜、黑莓和高高的荨麻。”

麦考利和菲茨杰拉德深入城市荒原的徒步行走并不只是浪漫的漫步。菲茨杰拉德回忆这是“走在她身后的危险经历……在她爬下弹坑时，或弯腰拂草从一些危险的碎窗玻璃下走过时，我得时刻保证她瘦削的身影在自己的视线中”。她们会在所到之处采集和标注杂草，1948年整整一年，在麦考利写作《世界是我的荒野》一书时，她还将剪下的花和灌木寄给她的朋友——作家、业余植物学家弗兰克·斯温纳顿[117]辨认。从她在书中所写的长长的植物名单来看，她很可能也熟读了爱德华·索尔兹伯里那份权威的1945年126种轰炸废墟植物列表。

麦考利倾注在这些城市废墟的杂草身上的心血表明，她把它们看作另一种文字，一种当原来的文字化为灰烬时暂时取而代之的文字，并且这文字时刻用让人兴奋但又令人不安的语气提醒你，文明背后的野性从未走远。

> 所有这些伤痕累累且阴森的绿色植物、石头和长满黑莓的荒野躺在8月的太阳下，嗡嗡的虫声，神秘的疾飞声，穴居的生物，它们用以迎接归来的旅人重新安顿的是一种被毁坏的、一视同仁的平静。它的悬崖、裂缝和洞穴似乎在说：这里是你的家；

这里是你的归宿；你无法摆脱，也不想摆脱，因为这是那片长在被摧毁的世界边缘的灌木丛，而这里就是你停下脚步的地方；在这里你会找到不可补救的蛮荒，有从大地深处来的蛮荒，也有你在其他地方所知道的蛮荒。

麦考利充满矛盾的、关于“伤痕累累且阴森的……荒野”的作品，只是人们长久以来对废墟的狂热迷恋的一个例子。自18世纪以来，崩塌的建筑物——尤其是杂草丛生的那些，杂草似乎助长了或者至少是突出了它们那种破败感——便有一种双重的浪漫吸引力。它们可能是生命有限、世事无常的悲伤见证，但也可以是人的自大与虚荣的寓言。绿色植物的生长可能会破坏一种美感，但却能带来另一种美感。尤维达尔·普赖斯[118]——如画美学运动[119]中的核心人物——曾在1794年描述了时间是如何改变一切的：

时间是善于改变的大师，它将一个美丽的事物（在本文中指一座古典建筑）变成一幅如画的美景：首先，借助天气的变化，部分装饰物、苔藓等，都会被剥离原本统一的表面和颜色；经过这个过程，建筑物就会带上某种粗糙感，以及颜色上的变化。接下来，各种偶发的天气状况会让石头松动；它们以不规则的形状跌落在原本平整的草地和阶梯上，或精致的人行道和精心修剪的灌木丛上——如今这灌木丛长满了野生植物和匍匐植物，匍匐植物会爬进跌落的建筑物碎块中。景天、糖芥和其他一些植物能够忍受干旱，能够从开裂的水泥中找到营养——在这个过程中，石头也解体了；鸟儿会在裂缝中觅食，然后红豆杉、接骨木和其他结莓果的植物会从旁边长起来；常春藤会覆盖在其他植物身上，爬到最高处。

普赖斯相信这种“如画的”过程部分表现了“大自然的精神与生气”，部分体现了一个地方的历史。

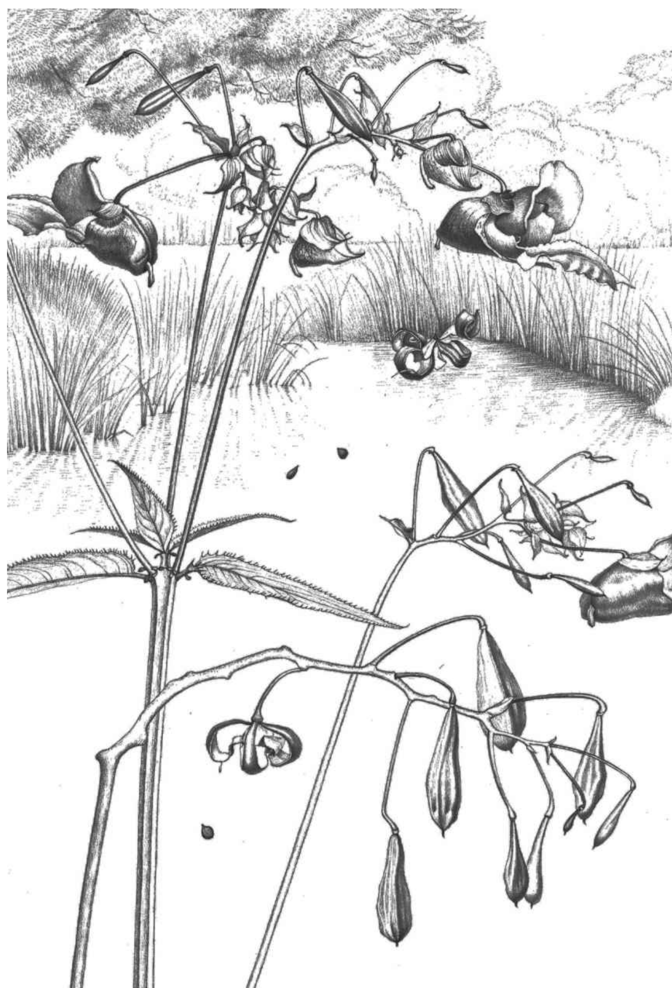
60年后，谢菲尔德的植物学家理查德·迪金写了《罗马斗兽场植物志》，并为这本书画了插画。这是一本制作精良的书，书中包括420种生长在这座有2000年历史的废墟上的野生植物。其中有56种是草类，41种是豆科植物，有些植物在欧洲西部十分罕见，它们的种子可能是躲在野兽的皮毛中从北美洲远道而来。其中最打动迪金的是滨枣（*Paliurus spina-christi*），这里的古代牺牲者们曾佩戴这种植物。作为进入了一个人造文化景观的野生入侵者，它们都算是杂草，但迪金把它们看作一种证据和救赎。斗兽场的花朵“形成了一条记忆的纽

带，在经年累月的悲伤中，教给我们许多充满希望和抚慰我们心灵的东西，对它们那静默的感染力无动于衷的一定是一颗冰冷的心；它们无声地向我们讲述了重生的力量，这力量让这巨大废墟中的小小尘埃都有了生命力”。

15年后，加里波第的新政府将罗马斗兽场的管理权交给了专业的考古学家，然后几乎每一株植物——包括那些比沉默的石砖更能诉说斗兽场历史的植物——都被从墙壁上清除掉了。

第十一章

三尖树
——末日杂草



伴随着全球贸易、世界大战和大众的多疑，20世纪不但为我们带来了新的杂草，还让人们对杂草可能是什么样、可能造成什么后果有了新的想法。杂草焦虑症就此产生。这些四处流浪的植物不再只是恼人的小烦扰，而成了会主动出击的危险因素。它们可以入侵城市，颠覆建立了文明的生物，成为现代战争中的一种武器。

1947年夏天，人们在多金附近的博克斯希尔发现有大量地中海杂草长在一个弹坑里。杂草共计30种，其中有许多在英国境内是从未在花园以外的地方出现过的。这些杂草中有4种毛地黄（包括黄花毛地黄和锈点毛地黄）、土木香、菘蓝、灰原益母草和1种来自土耳其的岩荠。从一些种类的数量上判断，它们在这里生长的时间已经有三四年了——这意味着它们是在战争期间来到这里的。于是开始有传言说这些杂草是随一颗炸弹一起投放下来的，它们也许是无意中粘上去的，或者猜测得更险恶一些，它们可能是某种早期的生物武器，用以在伦敦周围各郡引起一场外来杂草大爆发（这一理论无视了一个事实，即无论什么种子都几乎肯定会在爆炸中化为灰烬）。最后，有人站出来承认是自己为了做个试验而将杂草种子种在那里，以为这么隐蔽的地方没人会发现。

这种对外来植物被用作入侵手段的担心并不新鲜。第二次世界大战期间，肯特郡一棵栎树下的大马勃[120]就被人怀疑是一种新型炸弹（后来它被人称为“希特勒的秘密武器”，还被四处展览以为战争募集资金）。后来冷战开始，随之而来的是公众对共产党员渗入的恐惧，于是暗中为害的生物就成了当时欣欣向荣的科幻小说中常用的主题。潜伏的红色势力被充满想象力地改换成了后院中的外来植物。最可怕的情况是渗入者通晓变形，因此可能被误认为是普通人。在电影《天外魔花》（1956）中，无固定形状的肉质外星生物会从豆荚中孵化，然后夺取离它们最近的那个人的身份。英国广播公司制作、奈杰尔·尼尔[121]执导的六集系列剧《夸特马斯实验》（1953）以第一艘人造太空火箭返回地球的场景为开头，但机上有两名宇航员失踪。他们好像被某种外星力量同化到了第三个人的体内，而在开始一段时间里，这名宇航员的样貌与出发时并无两样。但在一次采访中，他抓起了一棵仙人掌并开始与其融合。这个融合出的怪物跌跌撞撞地向西敏寺走去，一路上不断变大，人们也很快发现这棵仙人掌可以让它体内的外星寄生虫繁殖。怪物吊在诗人角上方的拱廊上，它垂落着的根须像是某种巨大的风茄，此时它的孢子块开始成熟。最后时刻，夸特马斯教授恳求封闭在怪物体内的人类灵魂用他们的意志力挣脱出来。他们做到了，这棵巨大的杂草死了。但在影片的倒数第二个场景，一大堆叶

子和树干在一个基督教圣地的走廊里不停摇动，在1953年，这绝对是电视上出现过的最恐怖的镜头。

科幻小说中最杰出的杂草题材的冒险故事，毫无疑问当属约翰·温德姆[122]的《三尖树时代》，这本书出版于1951年，刚好是太平洋上进行第一次氢弹试验的前夕。这部作品创造出了一个无法超越的植物恶魔形象，还为英语引入了一个新词。就许多方面而言，《三尖树时代》都是一个标准的末日后寓言，描述了一个在突如其来的全面社会崩溃中苦苦求生的世界，尽管这本书中的大灾难既非核技术也非外星生物。因为目睹了一场神秘离奇、令人震惊的流星雨，世界上的大部分人都双目失明了，随后这些人成了另一种地面攻击的脆弱目标，施放攻击的是一群可以移动的肉食性植物——这是温德姆诸多预言中的一个——基因改造植物。

《三尖树时代》写得细腻聪明，远不仅仅是一个描写可怕的植物怪兽的故事。小说对三尖树的构想——它们如何出现，如何生存——体现了作者对新崛起的植物是如何不可避免地卷入人类需求及文化偏见这一问题的卓越见解。

三尖树的背景是由书中的叙述者、曾是三尖树种植者的比尔·梅森介绍的。这种植物首次显露出细微的存在迹象与一个南美洲骗子翁贝托·帕兰古兹有关，那时他正试图将一部小说的版权和一些贵得离谱的植物油卖给一家大型的国际食品公司。在对方开出的高价下，他承诺会提供一些种子。他曾经见过结种植物的照片，但并未透露太多，只是说了一段仿佛不祥之兆的话：“那里并非没有向日葵、没有萝卜，也不是没有荨麻和兰花。但我的确想说，假如这些都是这品种的父辈，那么这些父辈谁也不认为那是自己的孩子。”[123]他跟那笔钱后来一起消失了，而这种油再次出现是在几年后，一个俄国黑帮分子来到公司，保证会从堪察加半岛偷一箱这种三尖树的种子出来。比尔此时已预感到，这种油应该是“铁幕”的另一边某个植物培育项目的产物。

在经过了许多的鸡鸣狗盗和两面三刀之后，一只木制箱子被秘密运出了俄国。但运送它的飞机在太平洋上空消失了，飞机及机上的货物可能是被安全部门炸成了碎片。写至此处，温德姆第一次展现了他对杂草生态学的深刻理解：“我确信，当碎片从高空缓缓地向海面坠落的时候，它们的后面还拖着一种乍看像白色水汽的东西。这并非水汽，而是一团种子。它们太轻了，即使在稀薄的空气中也能飘荡。几百万颗轻如蛛丝的种子悬浮在空中，随风到处飘洒……”

一段时间之后，这种神秘植物油的知情者才开始把世界各地的荒

地中冒出的奇怪植物与这起事故联系起来，而此时这些外来杂草已经成了每个人生活中的一部分。比尔·梅森家的花园里就有一棵，长在“树篱后面，掩蔽着垃圾堆”。但随着这棵植物慢慢长大，它的样子也越来越古怪，越来越“异形”得让人不安。它那根笔直的茎从一个木质的主干上抽出，茎的周围长着三根光秃秃的小枝。茎的顶端是一个圆锥形的漏斗或杯子，里面有一个类似新生蕨类紧紧卷起的叶片的结构。杯和叶上都覆盖着一种黏黏的物质，可以粘住小虫。

“又过了一小段时间，”梅森回忆道，“才出现了第一棵拔起根部开始行走的三尖树。”——不过说是行走，其实更像是拄着拐杖跌跌撞撞地前进，两条前“腿”先向前滑，然后整个植物前倾，后“腿”几乎抬到水平。没过多久，当年轻的梅森想小心地为他后院里的三尖树松一松根部时，他被狠狠地刺了一下，晕了过去。它茎顶部那片黏黏的叶子舒展开来，从梅森脸上抽打了过去，留下一道红肿的痕迹。

这些走路滑稽的植物竟能造成严重的刺伤，公众一开始因此恐惧不已，等最初的恐慌慢慢过去，人们对这种植物的兴趣又逐渐减弱，直到大家意识到一棵成熟的三尖树头上的鞭叶可以达到10英尺（约合3米）长，产生的毒素足以杀死一个成年人。一开始这一情况导致人们到处屠杀三尖树。后来它们鞭叶上的刺毛变短了，这些植物也被安全地围在了栅栏内，它们就又变回了时髦的花园奇景，植物中的罗威那[124]。但在野外，三尖树的移动能力（以及演变出的“埋伏”能力）使它们成了一种灾祸。另外一个越来越明了的恐怖态势是在这些偏远地区有大量人类被刺死，这清楚地表明三尖树已不再是一种无关人类痛痒的捕虫植物。它们是肉食者。它们带刺的卷须还不够有力，无法从刚刚杀死的猎物身上撕下皮肉，但它们可以从腐烂的尸体上取下碎块，放进消化杯的液体中。

到这时，人们已经知道这些不祥的植物就是10年前从俄国走私出来的营养极为丰富的油的来源，于是三尖树开始被大量种植。它们被养在种植场里，每一棵都被拴在一根钢棍上，以使它们能大致排列成行——这个方法还能确保它们远离大众，以保安全。直到三尖树被关进这重重的栅栏以后，它们那三条“腿”的功能才清晰显露出来。它们会时不时用这三根枝条撞击钢棍，发出咯咯声，有时也会发出一种连续的咚咚声，这种情况在几棵植物聚集到一起时尤为明显。梅森怀疑这是天气温暖有风时，风吹动干枯枝条发出的声音，或者可能是某种传粉时的求偶声、一种雄蕊发出的声波。可他的同事沃尔特——一个比他更敏锐的三尖树看守者提出，它们发出这些声音是在交谈。

在流星雨灾难发生的那晚，这一观点似乎得到了证实。当伤亡惨重、精神崩溃、大部分个体已失明的人类试图为自己寻找生路的时

候，三尖树逃离了它们的围场，它们利用嗅觉和声音追踪人类、伏击人类，杀死他们，然后在尸体上大快朵颐。那些失明的人毫无还击之力；极少数没有失明的人必须靠机警和自制步步为营，但人类的这些能力与那些耐心等在每一道栅栏、每一扇门的怪物们极其灵敏迅速的反应相比，完全不是对手。

即使作为一部单纯的惊悚小说来阅读，《三尖树时代》也足够恐怖，确切地说，这种恐怖源于小说细节的生活化和普遍性。这些细节很容易让现代人产生紧张不安的共鸣：为花园垃圾堆增色因而颇受家人喜欢的植物是潜伏的杀手；营养丰富的食物来自有毒的作物；一种植物从野外怪胎变为家养宠物，再变为掠夺成性的有害植物，一路跨越种类范畴——这也正是从古至今许多杂草的发展轨迹。但三尖树的不同之处在于，它不是单纯地从一个身份跳到另一个身份，它把这所有身份都融合到了一起，变成了一个兼具动物性和植物性的怪物（《夸特马斯实验》也是如此），因此这部作品可以毫无疑义地跻身最让人类恐惧不安的故事之列。

温德姆创造出了一种真正的超级杂草。三尖树可能看上去就是个纯属虚构的生物，不合逻辑也不太真实。但它的每一种能力都是以真实的杂草的行为特征为原型的。刺毛不消多说，是一种很普遍的特征，肉食性则没那么常见。但捕蝇草就是一种会主动出击的猎手，有虫子飞入后会合上两瓣叶；还有一些热带地区的猪笼草可以消化大至老鼠的猎物。植物也可以移动，只不过不是靠假足（这一点是温德姆设计得最不精致的细节），而是通过无根植物的蜿蜒滑行——比如菟丝子，或是通过匍匐茎的大肆扩张——比如木藤首乌（这种植物又被称作“日行千里草”）。至于靠声音互相交流，在植物界还没有发现过这种现象，但植物们可以靠化学信号互相沟通是毫无疑问的，而且许多植物都能感觉到附近出现的其他生物——尤其是捕食者和传粉者——并会将情报传达给近邻。三尖树是一种想象出来的真实杂草的融合体，而且在极为焦虑的人看来，未来的生物技术可以做到这一点。正如翁贝托·帕兰古兹第一次看见这种植物时的感受：“那里并非没有向日葵……也不是没有荨麻和兰花……”

1970年，一种现实版的三尖树进入了公众的想象中。那一年夏天，医院的急诊科开始出现大量的孩子，他们的嘴唇、手和眼睛上都带着少见的红肿划痕和圆形水疱。在持续晴朗的日子里，水疱症状就会更加普遍，且容易留下持久不消的炎症疤痕。这个问题的来源被追溯到了一种高大的伞形科植物身上，它叫作大猪草。它并不像小说中

的三尖树那样会猛烈击打人类。但它含有一些叫作呋喃香豆素的光敏化学物质，这些物质在阳光下会被激活，于是那些砍倒大猪草粗壮中空的茎，拿它来做吹管和望远镜的孩子们就会感觉皮肤疼痛。后来有证据表明这种植物是“铁幕”另一边来的移民，并且触觉过于灵敏，于是这个故事成了热门新闻。大众媒体马上称它为“三尖树”，还用整版的篇幅刊登它的照片，展示它长有斑点、高达15英尺（约合4.6米）的茎和车轮大小的花序。他们还刊出了消灭这种苏联害人草的诀窍：毒药，喷火器，挖土机，挖出根部然后在坑里灌入松节油，甚至还有炸药。可这些诀窍都不十分奏效，大猪草也继续着自己走遍英国的旅程。

奇怪之处在于，经过了很长时间人们才注意到这种植物以及它可能造成的影响。大猪草在19世纪初被首次从高加索引入英国，它被广泛认为是从热带成功带回并在温带生长良好的大型植物典范。维多利亚时代园艺品味的仲裁者之一——约翰·劳登不吝溢美之词地在1836年的《园丁杂志》上称赞这种“*Heracleum asperum*……西伯利亚大防风草”：

> 这种华丽的伞形科植物，若种植在优质的土壤中，可以高达12英尺（约合3.6米）。即便是在我们位于贝斯沃特的拥挤的花园中，去年它开花时也已经有12英尺高……它的种子现在（7月29日）已经成熟；我们准备把这些种子分赠给我们的朋友：不是由于这种植物有实用价值，因为我们并不知道它能用来做什么；而是由于它生长之迅速、它5个月就能达到的规模让我们觉得极为有趣……据我们所知，没有其他植物比它更适合种在教堂庭院不用的角落，或林间的空地上；因此，我们已经把种子给了一位将去英格兰北部和爱尔兰旅行的朋友，以及另一位去了挪威的朋友，让他们把这种植物种在合适的地方。

（这位不知名的去了斯堪的纳维亚的朋友是不是如今这种植物在挪威大肆泛滥的始作俑者，我们不得而知。但挪威人对大猪草——在挪威北部被叫作“特罗姆瑟棕榈”——可比英国人对它们有感情多了，它们还作为当地的一个标志被印在了旅游明信片上。）

到1849年，这些*Heracleum giganteum*——“世界上最华丽的植物之一”的种子开始在莫尔登的“哈迪及其子”公司进行商业销售。公司的广告中称，只要买几便士的种子，普通园丁也能在室外种植和富人温室中一样壮观的外来植物。1870年，大猪草得到了村舍花园之王威廉·鲁宾森的认可，但他也警告，这种植物有成为一种“巨大的杂草”的危险。

在20世纪初，大猪草（如今它有了一个更华丽的拉丁名*H.mantegazzianum*，以纪念它的意大利发现者）开始逃离种植它的优美的水榭花园和庄园林地。白金汉宫花园里的一丛大猪草慢慢长到了伦敦御苑，然后从这里又进入了伦敦西区的运河系统。漂浮的种子沿着水道自由散播，许多早期出现的大猪草群——尤其是位于苏格兰的那些——其来源都可以追溯到建有河畔花园的乡村大宅。一幅1963年的大猪草分布地图显示，这种植物已经散布在英国河流系统的沿岸，此时距离它登上报纸头条还有7年。作为一个入侵物种，它们那似乎来自更高阶层的出身（雉鸡也是如此）对它们的坏名声而言可谓是雪上加霜。

一直以来，对于这种杂草会导致光敏性皮炎的特性，人们似乎没什么疑问。可是在20世纪70年代这些特性上了新闻以后，情况就发生了戏剧性的变化。大猪草被写进了1981年的《野生生物和乡村法案》的附录，种植它或者在知情的情况下任由它在野外生长成了一种违法行为。一些地方上的权威人士甚至比法律条文更进了一步，要求住户们毁掉他们花园里所有可见的大猪草。我在米德尔塞克斯郡的路边看到了一棵大猪草，它周围被围上了栅栏，上面写着“禁止入内”，仿佛这是一个犯罪现场。

它被1981年的法案列为不受欢迎的外来植物还有另一个原因。那时它已经颇具侵略性，尤其是在河流和湿地附近；所以保育工作者中有人担心它那巨大的带有锯齿的叶子会遮蔽我们本土的物种。比如在东英吉利，它如今已经长满了诺福克湖区的河岸和奥尔德堡海边一片生有大量兰花的沼泽地。这些大猪草群在本土植物中间无疑显得“格格不入”——不过我自己的印象是，它们也并没有给长在它们叶影下的植物造成多少伤害。

尽管大猪草是种外来植物，但它也是英国最高大、最有建筑感的非木本野生植物，它身上注定会一直萦绕着强烈的倒错感。在大猪草迷眼中，地标性的大猪草植物群遍布英国，只为看那规模庞大的白色花冠，这些地方也值得人专程前往，比如诺丁汉市郊收费桥的两边、康沃尔郡朗塞斯顿回收中心的周围，还有阿伯加文尼附近的尤斯卡河河岸。最古老、知名度最高的大猪草群之一位于伦敦西区胡佛工厂外的那片潮湿荒地，那里的大猪草叶——仿佛古典时代叶状装饰物的粗野现代版——完美地衬托了胡佛工厂那些装饰艺术风格的建筑物。（我第一次看见这群大猪草的场景极具戏剧性，当时旁边的A4公路施工处挂起了一块牌子，上面写着“此处有重型机械”[125]。）规模最大、最壮观的大猪草林当属长在格拉斯哥的克莱德河河岸上的那片。20世纪90年代，在格拉斯哥大学任植物学高级讲师的吉姆·迪克森

说，这片巨大的、铺满凯尔文桥下游河岸和荒地的植物是“格拉斯哥地区最非凡的自然史景观之一”。

由于苏格兰人与大猪草相处的时间比其他英国人长得多，他们似乎更喜欢用一种带着谨慎尊重的方法来对待这种植物，而非不假思索地喊打喊杀。许多父母都没有妖魔化这种植物，而是教孩子辨认并远离它。在格拉斯哥，那些较为古老的有阶梯的排屋天花板都很高，使得屋主们可以用晒干的猪草茎制作插花而不必担心屋内摆不下。

受到这一做法的启发，2006年，我们两个也把一些猪草枝摆到了屋里。那时有几棵大猪草正长在附近田地里的一个农民的垃圾堆旁，于是深秋时我们小心地戴上手套，剪下干枯的大猪草枝，并把它们偷回家代替圣诞树。这些花枝和伞状花序（上面还结着种子）出乎意料地强壮坚硬，让我们可以为它挂上小球、星星和几个猫头鹰模型做装饰。春天时我们把这些大猪草茎拿上楼，收进了一只大箱子里，而在外面的花园里，受大猪草的形状启发，我们把废品厂找到的废铁架在一个枫树桩的顶上，做成了一个仿佛在射出伞状星光的喂鸟器。

但我们没料到的是杂草种子不屈不挠的传播力。2008年秋天，一丛神秘的锯齿叶植物出现在距离我们前门2英尺（约合61厘米）的碎石地上。我对它的种类来源完全没有头绪，但到第二年春天，它已经明显长成了一株稚嫩的大猪草，到了6月，它的花已完全盛开。最后它长到了房顶下边缘的高度，我们需要不断修剪它的叶子并把它的茎绑起来，才能为到访者——尤其是我们亲爱的邮差小姐——让出一道可以安全通过的门。但它与我们张牙舞爪的草地所受的待遇完全不同，从没有邻居向行政区委员会投诉过它，而大猪草——它尽管如此壮丽雄伟，寿命却只有20个月——后来再也没出现过。

杂草们在末日和社会瓦解题材的小说中还扮演了其他一些有建设性的角色。理查德·杰弗里斯[126]的小说《伦敦之后，或野性英伦》（1885）描绘了一场大灾难后英国文明的突然崩溃。（作者并未明确说明这场灾难是什么，但看起来应该是一场淹没了伦敦并且把泰晤士河谷变成了一个巨大湖泊的大洪水。）小说的第一部分“重归荒蛮”是一个博物学家对自然条件下“大森林”重现过程的细致准确的记述。这一部分将生态学上的变化一步步地清楚描述了出来。

所有的农田都已被荒弃，在“伦敦终结后”的第一年春天，耕地里长满了匍匐披碱草。到夏天时，以前的大路与小径都被长出边界的草

薄薄地覆盖了。第二年夏天，经过了一个多雨的冬季之后，杂草们开始大展拳脚。鸟类播下的小麦和大麦从无人修剪、浸饱雨水的稻草中钻出，旁边还有茂密的酸模、蓟草、法兰西菊、白芥和荨麻。每年都会有几种农作物再次出现，但整体上来看，它们的数量越来越少，并且很快就被侵入田地的大型多年生杂草覆盖。

杰弗里斯对植物演替的过程理解得分毫不差。可能在家乡威尔特郡他曾亲眼看见这一过程发生在赤贫农民的荒田里。他知道下一种从树篱入侵田地的植物是黑莓，再之后是野蔷薇。树篱的宽度很快会长到原来的三四倍，大约20年后，即便是最大的农田两边的树篱也会在田地中央合拢。在比较潮湿的地方，像"菖蒲和芦苇旁边，会长出大量高大的牛防风或五六英尺高的'吉克斯'蔷薇，那茎部矮壮、几乎像灌木一样的柳兰铺满了每一条道路"。到30年时，所有的沟渠里都填满了枯死的叶子和掉落的枝丫，沟渠里溢出的水会把地势最低的田地变成沼泽。比较干燥的地方已经变成了一片栎树、梣树和金合欢组成的天然林，这林中"没有一丝空地（仅丘陵例外），除非跟着野生动物踩出的小径或自己砍出一条路，不然人根本没法在其中穿行"。这整个变化过程势不可挡，从一马当先的杂草发展到密不透风的乔木林仅用了短短30年的时间。

这部作品出版20年后，在爱德华七世时代的贫困艰难中，肯尼思·格雷厄姆[127]写作了《柳林风声》，其中也描写了一个类似的最后形成了"野树林"的过程。獾先生解释了树木是如何在崩塌的城市里"让自己生根发芽并长大"。（格雷厄姆本人住在伦敦市，同时还是英格兰银行的秘书和异教协会的忠实会员。）书中有线索表明獾先生的窝是建在那座消亡的大都市的废弃地窖和隧道里的。他向鼹鼠解释了森林缓慢重生的过程："这城池就往下陷，陷，陷，一点一点地坍塌了，夷平了，消失了。然后，又一点一点往上长，长，长，种子长成树苗，树苗长成大树，黑莓和羊齿植物也来凑热闹。"[128]

在社会和政治处于紧张状态的时期，总是会出现文明将与"杂草和荒原"一决胜负的预言，并且自然总被认为是更有胜算的一方。20世纪80年代末那场关于欧洲农产品剩余的激烈辩论中，文笔犀利的《观察家报》专栏作家尼尔·阿舍森[129]就描绘了一幅反乌托邦的场景，借以说明假如农田休耕或故意"被闲置"会造成什么后果。他的预言与理查德·杰弗里斯的很相似，但结尾更具有现代的讽刺性：

> 若搁置不理，这些田地就会长满杂草，先是长到齐腰处，然后便长到一人高。接着是灌木，灌木之后是小型树木，最后——在英国的大部分低地——会长满茂密矮小的次生林。由于田地的排水系统已毁，这片土地大部分会变回浸水的沼泽。这对鸟类来

说是件好事，但也有利于老鼠、蚊子和杂草花粉的积聚，这些花粉会让全国上下喷嚏不断，长出的杂草还会湮没覆盖我们的花园。那时在昏暗的、纠结在一起的树丛中，会埋藏着数百万废弃的汽车、冰箱和——尤其是——农业机械，就如一场已被忘却的战争遗留下的残骸。

仿佛被某种交感巫术牵引着，植物垃圾总是会吸引人类垃圾。杂草不仅仅是荒废遗弃造成的一个结果，也是它的一个成因，矛盾的是，还是消除它的方式。

威尔·塞尔夫[130]的宏大幻想作品《戴夫之书》（2006）是以气候变化作为末日原因的未来主义小说之一。故事发生在约500年后的未来。石油已经耗尽，上升的海平面淹没了泰晤士盆地和泰晤士河支流周围所有地势低洼的地区（与《伦敦之后》设定相同）。文明社会的幸存者大多撤退到了像“考特”和“奇尔”这样的丘陵地带。伦敦东部只剩下一个叫作汉姆的岛，这里生活着一个以狩猎拾荒为生的贫困部落，他们信奉《戴夫之书》——一本被挖掘出来的出自一个精神错乱的21世纪出租车司机之手的简短笔记。这部作品一个不同寻常的特色（以及它的书后词汇表十分重要的原因）是塞尔夫为后城市社会发明了一种语言，这种语言由伦敦方言和异化的民间记忆中的品牌名称混合而成。（比如早餐就是“星巴克”，“A2Z”则是地图。）汉姆部落一年一度的仪式中有一个就是突袭位于伦敦市摩天大楼（“叠高楼”）遗迹中的海鸟聚居地，抓“油海鸥”（鹱鸟）、“漂亮嘴”（海鹦）和“黑翅膀”（大鲣鸟）。当地有一个传说，如果攀登者从叠高楼上摔下来，会有一种叫作“鸟飞机”的海鸟编队来救他。

塞尔夫的这个流浪冒险故事发生在一片植物之中，现实生活中如今长在伦敦东区或埃塞克斯郡泰晤士河口环境多变地区的杂草，可能真能长成那样的一片植被。那些曾经的高宅大院周围是“杜花”（杜鹃花）生得最浓密的地方，花丛中还混杂着“刺灌木”（荆豆）。但被水漫至旁边的废弃已久的工业区和荒地上覆盖的才是真正的城市灌木林：“火杂草”（塞尔夫用柳兰的传统俗名在新语言中指代它），“水疱草”（为大猪草所造的巧妙名称，应该很容易流行起来），指代峨参的“汉堡芹”和指代醉鱼草的“醉鱼钉”。

2007年艾伦·韦斯曼[131]在其震惊世人的非虚构作品《没有我们的世界》中，将所有这些信息丰富但只存在于想象中的语言进行了合理的分析评价。这本书的前提条件，即文学假设，有些古怪但十分好

用。韦斯曼让整个地球上的人类“在一眨眼间”消失，就像宗教右派人士的“被提”[132]。然后他以人类荒弃之地的真实事例为证据，尝试在此基础上厘清没有了人类——没有了我们每天对自然的无情攻击——这个星球会发生什么。

他从一栋房子讲起。在植物的帮助下，一幢废弃房屋的解体速度十分惊人。第一年冬天，雨水开始锈蚀露在外面的钉子，并渗进钉子周围的缝隙。霉和真菌侵入潮湿的木头，将其分解。地板也是同样的状况。在木材开始破裂腐败时，屋外的大型杂草和树木的根开始进入房内，刺穿碎裂的木头并对其造成进一步的破坏。没有了屋内的暖气，水管会在第一场寒流降温中冻裂，漏出的水形成的小水洼会很快滋生出浮萍、荨麻和小树苗。此时很可能已暴露在外的地窖里堆满了残骸碎片，黑莓则开始进攻剩下的水管。如果这栋房子有游泳池，现在它已经成了一片室内水景，长满了外来盆栽植物或一直躲在房屋角落、静待时机重夺领地的杂草。不出50年，这栋房子就会变成一堆蓬乱的地面突起物、一座后工业时代的坟墓，上面点缀着无法降解的塑料和瓷砖碎片，并且长满混杂在一起的树木和适应了环境的花园植物。

在纽约，人们已经证明，只要城市维护人员几个月不管，街道就会变成一大片生机勃勃的臭椿林。它们带有翅膀的种子会嵌进人行道裂缝，跑进地铁隧道。它们发芽和生长的速度都很快，它们的英文名Chinese tree-of-heaven（直译为“中国的天堂树”）并不是指它们具有什么天堂般美好的品质（它的花朵很难闻），而是指它幼苗的生长速度快到仿佛一飞冲天。几个月以后，传播出去的一丛丛臭椿会从人行道排水口的格栅里钻出来，它们强有力的根系（上面还会长出吸根）会顶起人行道上的石板、撑裂露天的排水沟。10年之内这些树的高度就能超过30英尺（约合9米）。而人行道石板下久不见天日的土壤一旦暴露在阳光、雨水和污水的营养物质中，地面上的杂草就会趁机入侵，在蓬勃生长的树苗下形成一层下层植被。

这就是实实在在发生在曼哈顿纽约中央铁路一个废弃路段上的事情。这段轨道于1980年关闭，然后臭椿树立即侵入，很快，绵毛水苏和一枝黄花也加入了这支队伍。在一些地方，这条高架铁路会经过一些二楼仓库，为它们运送货物，如今停运的铁轨把由鸢尾、月见草、紫菀和野胡萝卜组成的绿色植物带也送到了高高的二楼。这些植物中有许多都是从欧洲和远东来的移民，一如这座城市的居民，所以后来发生的事可能并不算出人意料：“许多纽约人从切尔西艺术区的窗口往下看，被眼前天然的、由花组成的绿色缎带所感动——它们占据着这座城市已经死亡的一角，并对未来做出预言。这个地方就是纽约高

线公园。”[133]

近代的底特律就像是放大版的高线公园。20世纪20年代时，它是世界上最富庶的城市之一，靠着福特汽车公司和通用汽车公司的产品日益兴旺。但汽车城正如只栽种单一作物的农田一样脆弱。80年代开始的石油危机使得汽车行业开始走下坡路，最终它们全都离开了底特律。这座再没有其他大项收入来源的城市开始崩溃。被废弃的工厂和曾在工厂里工作的人们遗弃的住宅开始逐渐被大自然占领。草原杂草占据了停车场和荒废的高速公路。像葛藤这样的野生藤类向墙上攀爬，30英尺高的臭椿在工厂屋顶迅速生长。全城有6.6万块空地，占地139平方英里（约合360平方千米）的内城有40平方英里（约合104平方千米）已经被野生植物占领，这些植物的活跃扩张正在毁掉这个曾是美国第四大城市的地方。

但这里的人类居民的反应却十分出人意料。人们没有惊慌失措地抵抗植物的入侵，也没有试图拿大自然为这个城市的根本问题——经济和政治策略的愚蠢——做替罪羊。相反，杂草被当作一个寓言，一个教训，告诉人们单一的、依赖石油的城市文化在21世纪是无法持续性发展的，告诉人们也许在城市中有其他对生态环境更温和的谋生手段。因为太穷而买不起新鲜食物的家庭在被毁的街区上建起了街坊有机农场。来自美国各地的年轻人——音乐家、环保主义者、社会先锋人士——大量拥入被废弃的区域，热切地想要实验城市生活的新模式，即接受大自然——包括那些开疆拓土的杂草们——而非试图将它从生活中赶走。优秀的电视纪录片《底特律安魂曲》的导演朱利恩·坦普尔[134]写道：“在汽车城的废墟间，也许能找到第一幅描绘出正等待着我们所有人的后工业化未来的先锋蓝图。”

末日文学赋予杂草的角色与其说是矛盾的，不如说是模棱两可的。它们可能是摧毁文明的因素之一，但也可能是重建文明的先锋。在两种情形下，起主要作用的都是一个不法之徒，一种来自另一个地方或另一种文化的生物，它们远胜过生活在这个惨遭破坏且正在崩溃的世界的不幸人类。

在现实世界中，两种情况都有大量的例证。在热带地区破坏是一种常态。生长迅速的植物从故乡被移栽到这里，当作——比如说——饲草植物或成材时间短的木材用树，结果却变成了破坏整个生态系统的杂草。生态学家乔纳森·希尔弗通将它们形象地描述为“伊甸园里的恶魔”。美国佛罗里达州——炎热、潮湿，因城市发展常年处在剧变

之中——受害尤为严重。20世纪30年代，澳大利亚的千层树被引入佛罗里达大沼泽地，人们希望它们能充分吸收沼泽的水分，以便土地干燥后可以种植粮食、建造公寓。种子是直接从飞机上撒进这片原始的沼泽地的，在这里它们也确实比本地树木多吸收了5倍的水分。在千层树的原产地澳大利亚，它们整日受大群的昆虫侵袭，但在佛罗里达州没有生物以它们为食，于是这些树木开始疯狂生长。它们长到2岁时便可结出靠风传播的种子，每一棵树一年能释放2000万粒。在千层树入侵的全盛时期，它们在一些地方的密度接近每平方英里800万棵。在佛罗里达州的另一些地方，作为花园灌木从南美洲引入的巴西乳香逃到了野外，它们形成的巨大灌木丛扼杀了所有的本土植物，这种植物之所以会成功，除了它能产生大量易传播的种子，还有部分原因是它很善于攀爬，且似乎能通过接触对许多植物产生毒性。

佛罗里达大沼泽地的其他开阔水域长满了外来的水生杂草，其中有一些是花园池塘和水族馆的弃儿。最让人头疼的——也是如今令热带及亚热带共56个国家的湿地和河流系统阻塞的杂草——是凤眼蓝，一种原产于中美洲和南美洲的植物。凤眼蓝十分美丽，它那一枝枝紫色花朵、一簇簇波浪般的光洁叶片玉立于水面上，不难看出它当初为何会成为深受欢迎的观赏植物。在故乡湿地的时候凤眼蓝很是循规蹈矩，可一旦到了其他地方它们每14天就会数量翻倍。每一株凤眼蓝都是自由漂浮在水面上的，有下方中空膨大的叶柄作为支撑，再加上有着跟风帆一样功能的叶片，它可以轻而易举地在水上游走，用种子和出芽两种方式制造后代。使用除草剂可以控制这种杂草，但却会不可避免地殃及其他本土水生生物。

再稍微向北一些，就会碰上可能是美国最可怕的恶魔杂草——19世纪70年代从东南亚引进的葛藤。一如引入很多其他植物，引入这种植物本是出于好意。在1876年的费城百年博览会上有一座日本花园，里面全是日本本土的植物，其中就包括葛藤。这个展台很受欢迎，美国园丁们开始把葛藤作为观赏植物种植。最开始时它向外扩散的速度相对较慢，但到了20世纪20年代，一座佛罗里达州的饲养场发现牛在啃食葛藤，于是他们开始将葛藤作为饲料进行推广。10年后美国土壤保护局开始种植这种藤类，以帮助控制“黑色风暴”期间的土壤流失——具有讽刺意味的是，这次土壤流失本身就是过去一个短视的农业构想造成的结果。到了20世纪40年代，美国政府以每英亩最高8美元的价格雇用农民种植葛藤。没过几年这种植物的生长势头已锐不可当。

被描述成侵略性攀缘植物的葛藤，听起来像是一种很有活力的月季——“校长”月季（Rambling Rector），而非什么邪恶的恶魔。但在

葛藤生长的高峰季节，它们12小时就能长长1英尺（约合30厘米），一个在美国南方各州流行的玩笑就说晚上睡觉一定要关窗户，不然一夜之间葛藤就会爬进来。废弃的建筑物在一层厚实的葛藤的覆盖下可以很快消失不见，甚至整座本土森林也能被它们吞没。它们可以爬到90英尺（约合27米）高，而那时被它们攀缘的树已经因光照不足开始渐渐死去。目前似乎还没有什么方法能驱除它们。葛藤无视神圣的生态法则，让自己站稳脚跟并成为一个似乎十分稳定的顶级植物群。

如今在美国南部，葛藤覆盖着200万英亩（约合8094平方千米）的林地，它已经被美国农业部钦定为非法植物。但统计数字无法说明生活在这些不停蔓延的森林遮光布旁边的感受。如果不去多想被葛藤掩埋的森林，那么这种景象倒确实有一种怪异的美感。它营造出一种原始的气氛，仿佛有一座古老的城市被埋藏在这密林之中。林中的树木看上去像是被绿色的岩浆石化了，又像是一片单色的珊瑚，或是长满海藻的海底沉船。有些美国人在这铺天盖地的绿意中觅得了慰藉。为躲避飓风古斯塔夫来到亚拉巴马州的作家弗朗西斯·拉姆就被眼前的葛藤惊呆了："电线上长着葛藤，树上长着葛藤，房子上长着葛藤，连葛藤上也长着葛藤。每隔几分钟我们就会看见一片地里长满茂盛的藤类，每次看到都感觉像是从一场暴风雪中醒来，看见整个世界都被包裹其中。这场景太美了，我心里暗生感激，它缓解了我们因躲避飓风而产生的紧张感。"在南方，尽管葛藤肆虐，它们依旧被用来控制水土流失，它们的茎也会被采来编织篮子。将它们用作日常饲料——这也是它们最初被推广种植的原因——被认为是控制其扩散的最经济的方法。

一种具有如此超自然扩张力和神秘气质的杂草，一定会催生出关于其起源的传说故事——正如过去那些外来杂草们的故事。其中最夸张的版本（发布在美国网站Mindspring上）是一个阴谋论故事，其情节离奇到让人不禁怀疑这可能只是个恶作剧之作，但尽管如此，这个故事还是准确概括了人类对植物入侵者的多疑与猜忌。

Mindspring网站爽快地承认了葛藤的亚洲出身，但坚称它被引入美国其实是由"日本秘密特工"策划的意图摧毁美国经济的阴险计策的一部分。网站把矛头指向了美国林务局，认为他们早在19世纪70年代就应该为土壤流失寻找对策。故事发展到这里，一个在外来植物神话中常见的角色出场了：一个巧妙安全、让植物可以在各大洲间穿梭的运输工具。葛藤的种子是装在一只没有寄件人地址的信封里被匿名送到美国的。它们被感激不尽的林务局种下，然后这场绿色危机就开始扩散。30年后又有人寄来了更多信封，这次里面装的是由日本秘密实验室研发的一个更具侵略性的葛藤亚种。到了20世纪40年代，当局才

终于意识到整个国家的森林正在被毁灭，一项集合了国民警卫队和预备役部队兵力的清除项目被提上日程。日本人知道他们必须得采取点大举措——一个大到足以分散所有这些兵力的行动——来破坏这场对葛藤的屠杀。答案呼之欲出。他们轰炸了珍珠港。美国将兵力集中到了最显著的威胁上，从而忽视了那些在暗处的日本人的秘密武器。从那以后，葛藤便继续在美国横行，而日本人则在城市里大量购买房地产。“也许你我是看不到了，”Mindspring网站总结道，“当最后一角蓝天被这些势不可挡的疯狂植物遮蔽之时，我们孩子的孩子会是在葛藤令人窒息的恐惧中发出最后一丝无声的尖叫的人。”

这个理论可能纯属妄想，但它的措辞和内容都比得上澳大利亚关于外来植物入侵的严谨的科学报告。只是南半球尤其是澳大利亚受杂草之害如此严重的原因十分复杂。其中的影响因素有很多：这个大洲与其他大洲互相隔绝，这里的植被与世界上其他地方的植物几乎没有基因或生物化学上的联系；这里的气候湿热交替；这里的土壤薄且贫瘠，也没有经过有蹄类动物的长期打磨、促进植物演化出对侵扰的抵抗能力（即形成本土杂草）。但这片土地承受的折磨已经足够澳大利亚改革派生物学家和作家蒂姆·洛写出一整本书——《野性未来》——讲述外来入侵者对澳大利亚本土植物造成的灾难性影响。这是一本愤怒的书。洛指出，这个国家如今有超过2500种外来杂草横行，每年造成的损失有40亿澳元，并且他认为这些杂草进入古老的澳大利亚文化既是全球化的一个实例，也是全球化的一个结果。他的用词在温和的欧洲人读来可能会有些不舒服，特别是欧洲人对他描述的那种规模的植物入侵可能毫无概念。在他笔下，这些入侵植物仿佛就是罪魁祸首。这些入侵者们“偷偷潜入”我们的森林，“污染”我们的河流。杂草们会“溃烂”。贯叶连翘是一种有效的抗抑郁剂的原料，但被他描写成“恶毒”的植物；含羞草是“令人厌恶地霸占着3万英亩（约合121平方千米）湿地的恶霸”。对于长久以来与自然植物和栽培植物关系都较为和谐融洽的欧洲人而言，实在不容易对“阿德莱德周围的橄榄树把整个山坡变成了巨大的灰暗丛林”这样的句子产生共鸣，也不太能理解受欧洲人喜爱、被早年的英国移民者特意种下的黑莓为何在作者笔下是“更为昏暗的灌木”，如今又怎么成了澳大利亚最“有害”的杂草之一，每年要耗费政府4000万澳元进行管控。想要从文化上理解一种植物如何远渡重洋，跨越1.2万英里（约合1.9万千米）来到一个错误的地点，成了一种构成威胁的杂草，需要很大的努力。洛情绪化的措辞并没有让他的表达更为清晰有效。他在提到欧夏至草（19世纪中期作为一种药草从英国引入澳大利亚）时说它现在仅在维多利亚州一地就“侵扰”着2.5万平方英里（约合6.5万平方千米）土地，他的意思是

欧夏至草散布的范围有这么大，还是说它独霸这么大的面积？这个差别非常重要。

但我们没有立场挑剔。澳大利亚的大部分早期外来入侵植物都来自英国，这一点与美国状况相同。画家玛丽安娜·诺思[135]1881年到澳大利亚塔斯马尼亚州旅行时，就曾抱怨过蓟草、酸模和蒲公英："这国家一点也不吸引我；太英国了。"关于这座离岛的生物是如何受到外来生物的全面影响，早年有一个例子十分生动，但这个故事中的主角是一种来自南非的杂草。金盏草是一种原产于好望角的黄色菊花，它于19世纪中叶来到澳洲，可引起的生态波动一直持续到今时今日。不到20年的时间，它就把淡柠檬黄的花朵"开遍山坡，开遍每一处空隙"。"路边的金盏草长得有膝盖那么高。"植物学家J. E.特尼森—伍兹[136]略带警觉地这样报告。随后在1889年，一种本土蝴蝶——恺撒红蛱蝶（*Vanessa kershawi*）的幼虫发现它们可以以这种植物的叶为食。金盏草的数量太充足了，导致这种蝴蝶数量剧增，在维多利亚州遮天蔽日。有报纸报道，火车不得不在一条铁路隧道中停车，因为被碾碎的蝴蝶使车轮严重打滑，几乎抓不住铁轨了。

与美国的状况一样，在澳大利亚造成最多麻烦的是新植物与新动物的组合效应。坚韧的草原草类——水牛草最早可能是随骆驼一起从非洲引入澳大利亚的，但它是一种十分优良的饲草，所以人们很快便开始种植它。但若不是羊群的大量增加，这种植物也不会爆炸式地剧增。澳大利亚的本土植被很不适应贪吃的有蹄类家畜，完全败给了不但已经适应了啃食，还会在啃食下生长更快、播种更广的植物们。另一种草原植物——一种亚洲的蒲苇——则沉睡了近1个世纪，因为生长在这里的全都是长着白色绒毛的雌株，无法结种。到了20世纪70年代，有人引入了此种植物的一个纤柔新品种，这一品种刚好是会结花粉的雌雄同株植物。它与原来的单雌植株杂交后就产生了一种新的澳大利亚杂草。

几乎任何外来植物到了澳大利亚都能变成杂草：水仙、香豌豆、薰衣草、桃树、橄榄树、柳树、葡萄树、无花果树、胡萝卜、锈红蔷薇、西洋菜、腰果树、薄荷……这个名单以每年几十种的速度增加着。只有极少数的入侵者得到了成功且持久的控制。在20世纪20年代，仙人掌（来自美洲亚热带地区）被评价为很可能是地球上分布最广的杂草。洛报告说，在昆士兰州和新南威尔士州有2500万英亩（约合10万平方千米）土地被其"侵扰"。后来发生的事对支持用生物手段控制有害物种的人而言简直就像《圣经》中的寓言故事。1925年，一种原产于阿根廷的蛾类——仙人掌螟蛾（*Cactoblastis cactorum*）的幼虫被一名关注仙人掌泛滥的昆虫学家引入澳大利亚并放至野外。这种

幼虫马上开始在仙人掌上大嚼特嚼，“等到第二年年末时，乡村地面上到处是几英寸厚的腐烂的仙人掌和一种黏滑的胶状物”。

仙人掌的败退至今仍是生物控制法的杰出案例。但这种方法是一把双刃剑。仙人掌螟蛾已经散布全球，并开始破坏大量野生的本土仙人掌。生物除草剂也能变成跟它们所除之草一样大的问题。

澳大利亚外来入侵物种问题简直复杂到无法想象。但若想把澳大利亚或其他任何国家拨回到某种理想的、稳定的“自然”状态，也不切实际。生态系统是——若想保持系统的适应能力也必须是——极易受影响的，不停地适应气候变化和物种灭绝的。我们也不可能靠着怒气或猛喷除草剂就将外来入侵者们从大地上抹去。我们能做的只有努力寻找能把目前的状况融入我们生活和生态系统的方法，并尝试阻止并无裨益的新移民进驻。

洛引用了植物学家杰米·柯克帕特里克所做的一个有趣的实验：“只需一个正常人1.1天至1.4天的尿液就可以为1平方码的土壤提供足够的肥力，使这块地从只能长出低矮灌木的贫瘠土壤变成能供大部分作物和大部分杂草生长的沃土。”值得记住的是，第一批抵达澳大利亚的外来生物、第一个在这片处女地上撒尿的人和整个生物迁移的创始者，并不是欧洲的殖民者，而是4.5万年前踏上还无人类居住的澳大利亚的美拉尼西亚探险者们。

外来植物给英国造成的问题远不及它们给澳大利亚造成的严重。我们这里气候凉爽，大部分在温暖地带大搞破坏的亚热带入侵者在英国都不易传播。我们的本土植被适应了被啃食、被修剪、被粗暴对待的状况，与原始的生态系统相比，它们对其他植物的渗入产生了更好的抵抗力。正如我们下面会讲到的，虎杖和喜马拉雅凤仙花也造成了一些棘手的问题，但绝大部分的新杂草只是给环境带来了一些滋扰，而非像澳大利亚的葛藤和水牛草那样摧毁生态系统。一株闪耀在朴素的针叶林中的火把莲，一棵躲在郊区委员会喂鸟器下的大麻，并不是外来植物入侵的不祥之兆，只是植物们顽皮的恶作剧。至少我是这么认为的。恐怕我从未忘记20世纪60年代在米德尔塞克斯的荒地上发现一大片疯长的城市杂草时的兴奋，以及在了解它们如何来到此地后的惊叹。从那以后，我总能在奇怪的地方找出奇怪的植物，而且我感觉——尽管这么说听起来可能像是在美化我的那些“植物贫民窟”之行——我找到了一些线索，可以解释为什么外来植物在英国没能造成它们在炎热地区所造成的威胁。

我在企鹅出版集团时的那些午休探险后来成了一本叫作《非正式的乡村》的书，再后来还成为一部电视电影。这些作品中讲的并不仅仅是古怪的杂草，还涉及整个都市自然，野性与城市——人类文明的最高成就——共存时两者之间表现出的令人振奋的不统一。它们讲述的是在摩天大楼窗台花盆上做巢的红隼，是在白厅街上漫步的狐狸，是英联邦首脑们的花园派对结束后出现在白金汉宫的热带衣蛾。但这城市的野生植物一直都在背景中，它们无处不在的茂盛丰饶让人兴奋。

柳兰无疑是夏日的常驻背景，尤其是在贝克顿废旧煤气厂那焦黑的荒地上，柳兰的枝头总停栖着许多赭红尾鸲。但通常杂草们不必做背景，它们自己就是故事情节。在威尔斯登交会站的铁路路堤上，我们拍到了一座令人惊叹的野生花园，其中生长着丰茂的水果和蔬菜，这些几十年前被人栽种的植物如今已被遗忘，在很不相宜的地点长成了杂草。这里有直径达6英尺（约合1.8米）的芦笋丛，枝丫纠缠的罗甘莓，结着果的黑穗醋栗灌木丛。它们的历史十分有趣。在第二次世界大战期间，受“为胜利而掘土”这一口号的鼓舞，那些房子背靠着铁路路堤的居民们认为铁路旁的土地也应为战争出力，于是便把他们的菜畦扩张到了铁路线边缘。这些临时菜园在战后便被废弃，但这些作物（至少是其中的多年生植物）却继续活了下来。

一种杂草若想入专业人士的法眼，必须具备三种要素：起源、顽固和独特。以前达格南福特汽车厂的后面有一片规模可观的风滚草，这种植物的枯枝形成的球在荒原上滚过的情景是西部电影中烘托气氛的经典镜头。（不用说，风滚草这种便于四处流浪的习性是一种典型的杂草策略，是为了适应荒原的广袤而演化出来的。亲代植物开花后便会干枯，然后被风连根拔起并四处滚动，走到哪里就把种子撒到哪里。）具有讽刺意味的是，这类镜头其实是电影年代错位的经典例子之一。风滚草——别名俄国蓟（*Salsola kali*，*ruthenica*亚种）——原产于欧洲东部和亚洲的干旱地区，它们作为杂草抵达美国（混在乌克兰移民的亚麻种子里）的时间是19世纪70年代末，此时经典西部片中描绘的拓荒全盛期已经过去了一段时间。

在英国，俄国蓟首次被发现的时间是1875年，地点是牛津郊外的一座花园。它很可能是混在废羊毛肥料中来到这里的。达格南的那一片风滚草是在20世纪30年代被发现的，它的祖先当初可能就躲在从美国福特公司进口的产品中。它们成功萌发和传播的关键在于它们找到了一个与俄罗斯草原或美国西部那种干旱平原极为相似的栖息地。工厂的后面是一片很大的空地，用来堆放铸造厂丢弃的灰烬质地的垃圾。这里是一片温暖、干燥、具有流动性的工业荒原，风滚草见到这

样的地方就像小孩子见到了沙堆，再也挪不动脚了。

到1934年时，这个植物群已经有了几百株植物。我们1974年前来拍摄的时候，大部分垃圾场已经被填平，改造成了一个用以停放新出厂的福特车的停车场。但这里留下了一片杂草，而我们去的那天恰好有风——那种沙漠里的微风，于是我们拍到了一组特别的镜头，镜头中埃塞克斯郡的风滚草试图完成它们基因中写下的使命，跌跌撞撞地挤进崭新的科尔蒂纳轿车周围的防护栏。

那时的我对外来植物很有兴趣，一部分原因是它们抵达的方式通常都离奇有趣，但还有一部分原因是它们对植物秩序的毫不理会、它们那纯粹的机会主义作风。我喜欢那些要么几乎不可能出现、要么十分合宜的杂草毫不挑剔地便把可用空间填满，众所周知，我们的大自然是多么讨厌空白。有时我也担心我的偏爱只是一种经不起推敲的诡辩。我所知道的长在错误地点的植物中最极端的例子，是在医学期刊的一篇文章中读到的，文中有一棵紫花苜蓿竟然在一个病人湿润温暖的眼睑上发了芽。还有一个令人不适的程度轻得多的例子发生在牛津圣十字教堂，那里的一座坟墓上径自长出了一棵颠茄。我倾向于认为，这棵植物应该与1913年沃特福德公墓中一座坟墓上长出的那棵著名的“无神论者的无花果”来源相似。（“无神论者的无花果”这一典故，讲的是当地一名非宗教信徒要求死后躺进棺材时在他手里放一颗无花果，他说，如果人死后会进入另一个世界，他就会让无花果发芽。尽管后来真的长出了无花果树，但其来源更有可能是死者生前吃的最后一餐。）

我偶尔也会参加由不列颠群岛植物协会组织的“外来植物搜捕行动”。这个活动听起来很豪华，实际上就是乘车去游览伦敦东部的那些垃圾场；在没有垃圾回收分类的年代，这些垃圾场里堆满了各种垃圾，从屠宰场的边角料到塑料玩具，应有尽有。初秋，我们会步行穿过一大片刚扔掉的牛肠、被风吹乱的纸、碎玻璃和无数堆臭烘烘的厨房垃圾。整个地方都弥漫着刺激性的烟雾，那是让人窒息的燃烧的橡胶和冒着热气的生物垃圾释放出来的。卡车往来穿梭，带来新的垃圾，而推土机则把垃圾压平夯实。我怀疑地球上没有任何自然栖息地能像老式垃圾场这样，既整日处于混乱变化之中，又有集中的外来生物种子来源。这里就是杂草的温床。

杂草们以成千上万的规模冒了出来，这是一个由食用植物、观赏性植物和躲在进口盆栽中偷渡而来的南半球植物组成的怪异组合。它们从丢掉的沙拉、亚洲餐馆的垃圾以及每年进口几千吨的鸟食中萌发。它们在剪下的树篱、沾满泥的轮胎或进口包装里的果实上生根。每一粒能发芽的种子，每一片根或茎的碎片，都有机会在这温暖的垃

圾堆旁长成一棵植物。我们找到了荞麦、藨草、芫荽、黄瓜、孜然芹、大丽菊、一棵旧时农田的瘟疫植物——毒麦（可能是混在进口大麦里来的）、莳萝、小茴香、胡芦巴、葫芦、天仙子、鸢尾、尾穗苋、金盏花、大麻、茄科植物（5种）、马铃薯、木藤首乌、假酸浆、向日葵、番茄（已经结果了）、西瓜和刺苍耳（*Xanthium spinosum*）——一种原产于南美洲的、连载漫画中常出现的苍耳，它们是挂在羊毛上然后跟随羊毛废料来到垃圾场的。

每当找到这样特别优良的品种，队长就会吹响哨子，然后所有成员都会放下手中的事，从四面八方跑过来，聚集在这棵植物周围。大家拍照片，认真讨论物种鉴别的细节。如果鉴别时存在争议，大家就会决定由一个人先“继续养着”这棵植物，直到它的身份被揭晓。这个过程包括将这棵植物挖出来（反正留在这里的话，不出几周，它也会被新的垃圾埋葬），装入一只湿润的塑料袋，带回去种在家里的温室或植物园里，然后照顾它，直到它出现可以准确辨认物种的特征，如开花或结种。有一次，我们在垃圾场间穿梭时，车内温暖的气息竟让才挖来的假酸浆绽放了（采到的时候花还是闭拢的），美丽的蓝色花朵静静开在塑料袋里面。想着这种植物奇怪的名字[137]，我记起波西·西蒙兹有一部恶搞漫画，将植物的民间英文名和20世纪乡村的新品种联系在了一起。她的说明文字出奇地契合图片中的情景。“水道河岸上那片灰色是‘丢薄片’、‘毒胶’和‘黄麦仙翁’，路边停车带角落里的是一丛丛‘黄色尖肺屁股’。在这里，我们还看到了第一棵从草中钻出的‘小妖精护指套’，它们要么是蜡质的金色，要么是透明的粉色……”

我们的“外来植物搜捕行动”不一定有什么科学价值，倒与观鸟爱好者们追寻稀有鸟类的做法颇有相似之处。但看着“搜捕者”们对植物起源和垃圾场历史如此着迷，我觉得他们更像是拿着金属探测器的寻宝者。这些远足活动能让人感觉更敏锐，还能让人对植物的交通方式大开眼界。而且植物学书呆子们可能不是唯一对这些杂草感兴趣的人。一个周六，在巴金[138]垃圾场时，我们发现同在这里的还有一群游客的孩子，他们正在垃圾中翻找更有趣的旅行纪念品。他们专心听我们介绍，围着我们问东问西，还把要鉴别的植物拔出来。没过一会儿他们就各自散开，并把找到的植物交给他们的领队，再由他转交给我们。其中一个年纪较小的孩子塞给领队一枝亚洲香料植物——细叶糙果芹，它的学名叫作*Trachyspermum ammi*。这是一种难认的伞形科植物，对我来说也十分新鲜少见，但对这个进步神速的小分类学家而言却不再陌生。“艾米（Ammy），”他努力用带着伦敦腔的拉丁文说着植物的名字，“他们已经认出这个了。”

要是从杂草的定义“出现在错误地点的植物”出发，把这些垃圾场

植物称作杂草也许并不恰当。作为被驱逐者，它们所处的地方再“正确”不过了，这里把它们和曾经带它们来到这个国家的经济活动有效地隔离开了。它们的寿命很短暂。它们被卡车倾倒下来以后只有一个月时间，随后便很有可能会被下一批新土掩埋。几乎没有植物有机会结种，更不用说散播出去给放逐它们的世界带来麻烦。对于长在这里的植物们而言，垃圾场是它们的最后归宿，而非新物种入侵的阵地。

几年以后，我对杂草的迁移和渗入依旧兴趣不减。它们的进驻过程令人惊叹。我曾在洞穴里的电灯旁看见过碎米荠的嫩芽，它的根就扎在潮湿的石灰岩裂缝中；我还在布鲁斯托的三层楼房房顶看见过醉鱼草。有一次，在康沃尔郡“伊甸园计划”园区的潮湿热带生物群系中，我看到一株荆豆长在进口的石头基底上，它一定是从群系外面茂盛的荆豆丛中悄悄潜入这密封并不算严格的环境里的。

机会主义最为重要。那棵著名的、在1973年清洁工人罢工期间顶开没倒的垃圾桶桶盖钻出来的臭椿幼苗，我并没能亲见。但我曾看到过在伦敦地铁环线地面段的铁轨路堤上密密长着的一片臭椿幼树。臭椿是在1751年第一次被人们用种子种在切尔西药草园中的，它那结着种子的翅果很容易被风以及过往列车搅起的气流吹散。如今在欧洲南部的一些地方，它已经完全适应了当地环境，看起来就像本土灌木丛中的一员。

外来物种的潜入可以极为隐秘且精确。我常看到一小片亮蓝色的半边莲从城市人行道的缝隙中长出来，而它们的种子就来源于正上方悬挂的花篮。有时它们的潜入又广泛而难以捉摸，每当这时植物学就会费尽力气想要搞清这些世界上最成功的杂草是如何进行环球旅行的。我曾看到过一棵如今被叫作黄花酢浆草的植物开着它明亮的柠檬黄色小花，孤零零地长在葡萄牙辛特拉一家画廊外的一个浴缸里，这个浴缸是用来盛放一尊出自一位南美洲艺术家之手的雕塑的。黄花酢浆草起源于南美洲（在那里它被叫作“海角黄花”），如今是一种遍布全球的猖獗杂草，出没于锡利群岛的花田、澳大利亚的柑橘园和加勒比地区的种植园——它的英文俗名Bermudabuttercup（直译为“百慕大毛茛”）正是来源于加勒比地区。这个让人困惑的名字像是对杂草本身旺盛、多变的特性的一种比喻。

可是，作为感官敏锐且反应迅速的环境变化风向标，杂草们的那种进取精神偶尔真会让你觉得深受鼓舞。20世纪90年代，英国皇家空军格林汉姆基地不再作为核基地之后不久，我曾造访此处。那时大自然已经开始了再次占领基地的进程。蝙蝠栖息在导弹发射井内，黄条背蟾蜍躲在旧弹药箱里。巨大跑道两边的草地已经长出了野花。最让人惊叹的是，格林汉姆基地脚下的土壤明明是酸性的海绿石砂，却长

出了许多偏好白垩土壤的植物，为首的就是常见于铁路路堤和旧采石场的坚毅杂草野胡萝卜，它们收拢的种球看起来像是蜂鸟的鸟巢。跑道上的水泥慢慢渗入土壤之中，使这里的土质变成了碱性。甚至还没等被挖掘，这条极速跑道就已经开始降解，并慢慢变成一片草地。

在追踪英国外来杂草的这30年中，我学到的很重要的一点就是，对于它们中的绝大部分植物而言，生命虽然美好却很短暂。每年来到英国的新植物有几百种，可用的土地却很少，环境也并不适宜，环境变化的速度又往往比它们那已经很快的生命周期更为迅速，并且大部分非耕地的地表已经被古老而强大的本土植物占据。（从这个意义上说，外来入侵物种十分符合杂草能在生态真空中兴旺繁荣的特征——这里的生态真空即没有捕食者、疾病和本土植物释放的防护性生化手段。）只有很少几个新物种能顺利存活到成为杂草景观中的一员，能成为环境滋扰分子的就更少了。垃圾场就像是其他那些失败者命运归宿的一个隐喻。它们可以在这场本质上而言就是植物畸形秀的表演中熠熠生辉，但若想逃脱迅速灭亡的命运、成为一个成功的入侵者，概率很小。正如我们所看到的，大部分成功站稳脚跟的外来物种走的都是另一条路径：进入花园，被喜爱、被培育，被一个园丁散播给另一个园丁，直到它们达到一定的数量，在这个数量下偶然的逃脱或有意的放逐都只是时间问题了。

这就是让英国保育工作者担心不已的十几种“侵略性非本地植物”进入野外的途径。其中8种为水生植物，它们都是水族馆或观赏性池塘的弃儿。像黑乐草、加拿大伊乐藻和粉绿狐尾藻（原产于南美洲）这样的物种，其叶子能在水面上形成致密的一层，可以导致其他水生植物（有时也包括水生动物）缺氧。与陆生植物不同的是，它们没有扎在泥土中的根系来限制它们的生长。

危险程度紧随其后的恐怕就是杜鹃花了，这种植物具备入侵古老林地——尤其是英国西部林地的罕见能力。究其原因，可能是假如我们把时间轴拉得足够长，杜鹃花并不能算得上是一种外来植物。在英国西部形成极为密实的灌木丛的品种是彭土杜鹃（*Rhododendron ponticum*），人们曾在爱尔兰的沉积物中找到过这种杜鹃的花粉，其年代可以追溯到上一次间冰期。那时这个品种已明显适应了大西洋林地的生长环境，因此可能保留了一些关于如何应对这种栖息地环境和竞争物种的基因“记忆”。但在那以后的3万年里，它并没有自然而然地再次生长在英国大地上，目前所有的野生杜鹃都被认为是从花园中逃出去的。几乎没有虫子以它为食，即便是在不适合它播种的较凉爽的夏天，它也能靠着吸根大肆扩张。在苏格兰西海岸那片独特的栎树

林里（有时这里也被称作“凯尔特雨林”），杜鹃能够爬上那些因常年吹风而较为矮小的栎树，挤走树上稀有的地衣和青苔——对它们而言，这片树林是最后的也是在世界范围内都很重要的避难所了。

喜马拉雅凤仙花是最受保育工作者喜爱的入侵物种了，这心情大概与狐狸猎人们最喜欢的动物是狐狸差不多。让工作小组们玩得精疲力竭的“抽打凤仙花”活动，可能是保育志愿者们最喜欢的娱乐项目，尽管（或者可能就是为了）过程中弥漫着压扁的枝条的气味，凤仙花的种子还会不停射出来。至于这种狂欢活动是否合理，或是否会产生任何生态影响，还有待讨论。

喜马拉雅凤仙花是在1839年从喜马拉雅山脉引入英国的，它被作为装饰性植物种在花园的潮湿角落，到19世纪末时，它们已在野外广泛分布，尤以西南各郡的河流沿岸为多。1901年，植物学家A.O.休谟[139]在康沃尔郡的露谷看到了这种植物，为其写下了一段最早、最生动的描述文字。他强调，至少在它还比较罕见的时候，它算得上是一种引人注目的美丽植物：

> 长在温暖的西南部、茎的基部没入清澈溪水的凤仙花是一种极美的植物。它高5—7英尺或者更高，恰好露出水面的那部分茎直径有1—2英寸，十分健壮；它笔直、形态对称，开着许多团花朵，中央的大花可以有一个人头那么大……不同的植株开出的花朵也大小不同，颜色也可有十几种变化，从你能想象出的最浅的粉红色到深紫色；大而优雅的深绿色披针形叶子长得郁郁葱葱，其中有些叶子的长度足有15英寸。

在20世纪50年代，喜马拉雅凤仙花的传播速度大大加快了，到80年代时，它长遍了大部分河流系统的沿岸，但密度最大的依旧是西部。它迅速扩散的原因和其他所有凤仙花一样：它紧绷、有弹性的蒴果能像弹弓一样把种子发射出去（它们形象的属名*Impatiens*意为“没有耐心的、无法忍耐的”），然后种子就会顺水漂流。喜马拉雅凤仙花是英国最高大、生长最快的一年生杂草，它们形成的超大规模植物群是一种非常吸引人的景观，常能沿河岸绵延数百码，开出成片的紫色和粉色花海。到20世纪末时，它们已经具有相当的知名度，有了一些广泛流传的民间故事。安妮·史蒂文森[140]为这种植物写了一首很美的情诗，与保育工作者们将它的气味比作清洁剂不同，她笔下的凤仙花有着“成熟蜜桃的香气，仿佛一个姑娘擦着口红的芳唇间吐露的气息”。它们开始有各种俗名——警察的头盔、穷人的兰花（得名于花的形状）、跳跃的杰克（得名于会发射种子的蒴果）。一个萨默塞特郡的记者告诉了我一个极为有趣的凤仙花俗名，以及一个杜威尔顿的保育工作者们一定不会爱听的故事：“（喜马拉雅凤仙花是）我最喜

欢的植物。我不太确定它是不是这里的本土植物，因为我的那株是从别人的花园里得来的。我遛狗时常把它的种子撒在各种树篱和壕沟里，所以它很快就会变成本土植物啦！……我以前听说它在当地被叫作‘蜜蜂屁股’，也注意到它很吸引蜜蜂，原来它的花朵形状导致蜜蜂采蜜时只能看见它们的屁股，我觉得这个名字简直太妙了。”

我也曾见过蜜蜂们在“蜜蜂屁股”上忙碌的情形，那时我正在秋日的埃克斯河上漂流，两岸浓密的喜马拉雅凤仙花使得整条河流充满一种与众不同的亚洲风情。凤仙花上覆盖着圆蛛的蛛网，空气中飞舞着许多蜜蜂，有些蜜蜂的肚子上挂了太多黄色花粉，几乎都要飞不起来了。无论喜马拉雅凤仙花还造成过什么影响，在这暖意渐消的季节里，它们为本土的无脊椎动物营造了一片乐园。但那里已看不到太多其他植物，我的同伴坚持认为是凤仙花排挤和破坏了当地河岸上的植被。

但10年过去后，一个简单如外来植物大部队无情扼杀可怜的本地植物的故事是无法说服我的。喜马拉雅凤仙花是一种一年生植物。它也许只需一个夏天的时间就能长到10英尺（约合3米）高，但冬天它就会和自己的根一起死去。从生物学角度来说它无法建造一个根深蒂固的植物群。作为将机会主义发挥到极致的杂草，它的生存和传播靠的是入侵没什么植被的开阔泥地和在已有的河岸植被中见缝插针，它尤其喜欢邻近城镇的环境。并且现在已经弄清，在国内的许多地方，对凤仙花传播最有利的条件实际上是人对河流进行的入侵式机械清淤。凤仙花对本地植物造成影响，可能是由于这些植物被它们夏天的浓密叶影笼罩了一段时间，变得比较虚弱。（但这种植物间的影响不是必然的，比如在黑莎草沼泽区域，沼泽中的黑莎草与喜马拉雅凤仙花相似，一个夏天可以长到6英尺以上，而群落构成丰富的春天开花的多年生植物——兰花、剪秋萝、缬草——就不受其影响。）可我还从没见过哪里的本地植物群落确确实实被喜马拉雅凤仙花所替代的。在东英吉利，它们甚至无法进入河边稳定的芦苇植被，遑论入侵了。

喜马拉雅凤仙花既可以让乡村河岸变得单调，也能让城市荒地更加多样。它的存在对英国到底是好是坏，并没有一个简单分明的裁断。在这个问题上，我同意安妮·史蒂文森写给凤仙花的情诗的最后一节——在一个环境剧烈变化且充满不定因素的时代，扼杀任何充满希望的绿色生物都是危险的：

爱，是你说，“杀死那个我们不得不称作生命的杀手，

然后我们就会生活在死气沉沉的太阳下

一个荒凉的星球。”

于是我照旧用十月的温柔渴望爱你，

会接纳即将来临的冬天

并喜欢凤仙花诱人香气的十月。

不过，虎杖作为一种值得人们认真谨慎处理的入侵者是毫无争议的。它不像凤仙花，可以用作周末与小马俱乐部或当地保育机构狂欢娱乐的由头。它也不像大猪草，这种高大健壮的两年生植物一生中基本不挪窝，且开花以后就会死去。虎杖一旦在自己喜欢的地方落脚，每年推进的距离超过20英尺（约合6.1米）。它那多年生的根部会不断扩张，并遏制其他植物的整个根系。虎杖的身份并不是普通杂草中某个较为恶劣的品种，而是被看作、被当作生物公害和植物传染病来处理。它产生的主要文化影响就是催生了一整个对抗它的行业。

虎杖的早年经历与许多其他入侵杂草很相似。虎杖在原产地日本和中国北部的生长环境是像河边碎石滩和山麓碎岩这样较为混乱、易受侵扰的地方，也是典型的潜在杂草喜爱的环境。它是凝固熔岩上长出的第一批植物之一，可以忍受极端的酸性环境和矿物污染。虎杖于19世纪中期被引入欧洲，它那几乎在同一平面上水平排列的心形叶精致且充满东方韵味，乳白色的花穗错落有致地立于叶片上下，这些特点使它成为大受欢迎的花园灌木。1870年，它得到了园林设计师威廉·鲁宾森的赞誉。20世纪初，一个谢菲尔德矿工还听到了自己家虎杖的故事：父亲如何买回了一株虎杖，如何邀朋友前来参观，友人们对它布满斑点的茎和典雅的叶如何交口称赞，这株植物后来又如何被分作几盆与大家互赠交换。

我们依旧可以在植物学家的笔记中找到虎杖势不可挡的传播情况。人们首次在伦敦野外发现这种植物是在1900年，2年后它便抵达了白金汉郡兰利的一个垃圾场。1908年，它来到了埃克塞特；1924年，它到了萨福克郡。在20世纪30年代的康沃尔郡，人们送了它一个名字——“汉考克的诅咒”，因为虎杖从中散播出来的那座花园的主人就叫汉考克；据说康沃尔郡有一栋房子因为虎杖肆虐，售价已经降到了100英镑。到了20世纪60年代，虎杖已经遍布整个英国，从英格兰最西边的兰兹角一直到最北端的刘易斯岛。

此时情况已非常明了，虎杖的侵略性与英国其他外来杂草全然不可同日而语。它单棵植株的根系纵向可伸长至6英尺深，水平方向上的根携同其上生长的芽每年都可推进至少20英尺。这就是虎杖扩张的

主要手段。英国的所有虎杖都是雌株，其最初来源可能是几棵无性繁殖出的个体，所以这里的虎杖并不会结种（除非与亲缘关系相近的植物——如木藤首乌——的雄株杂交）。正如旋花和宽叶羊角芹那样，虎杖的小块断根也能很快形成新的植株。刚刚切下的一小段茎若放在水中、置于温室条件下，只需6天就会开始长出新芽和新根。还有一点，虎杖的春芽——其中有一些是直接从庞大的地下茎上生发出来的——可以穿透沥青、顶开水泥板，4个星期内就能长到5英尺（约合1.5米）高。

难怪人们开始觉得虎杖是个大麻烦。被从花园驱逐后，它沿着铁路路堤、河岸、混乱的人行道边缘和路边的壕沟一路扩散。它入侵了教堂庭院和公墓。在一些地方它开始形成密实的灌木丛，不但人类无法进入，下层的植物也完全被覆盖遏制。而且与其他大部分多年生杂草不同的是，它的根似乎可以压制其他植物（甚至包括蕨菜）的地下茎。但幸运的是，目前它还没有表现出入侵古老树林或草地的倾向，也没有要变成农业杂草的迹象。

对虎杖的抵抗始于1981年，其模式和备战某种生物危害的溢出或严重的流感暴发一模一样。虎杖被写入了1981年的《野生生物和乡村法案》，从此“种植或以其他方式使其于野外生长”变成了一种“违法行为”。在1990年的《环境保护法案》中，虎杖的“身体部位”（即剪断或挖出的根）被列为“管制垃圾”，根据《环境保护法案》的规定，这类垃圾只能丢在具备许可资格的垃圾填埋场。

管控虎杖的大量可用公共经费催生了一整个扑灭虎杖的行业。公司生意兴隆，客户名单越来越长——最常见的有市议会、大型建筑公司和房地产经纪人——并且遍布各地。人们召开会议，出版供土地所有者和忧心忡忡的住户使用的手册，教他们如何处理这种凶恶的植物。有时候这些手册读起来更像是驱魔仪式，而不是除草指南。整个处理流程十分严格。各个程序必须在一年中的正确时段按顺序执行。外泄污染是个很实际的危险，所以要遵循防护程序。不推荐简单的挖掘，因为这只会让根的碎片更为分散。对于大型的虎杖群，推荐使用深挖的方法，被虎杖污染的土壤也要带到有许可资格的地点丢弃。可以在土壤中插入障碍物作为抵挡入侵者的藩篱（兼具这个词字面和比喻的双层含义），多一重保障。对较小的植物群，可以在它们长到约1米高的时候（通常是每年的5月）喷洒除草剂，此时的叶片面积已足够大，可保证化学物质被良好吸收。若在这一季末、虎杖还未出现枯死迹象前喷洒，也被认为是有效的，但“要注意保护花上的蜜蜂和其他昆虫”。在一些较敏感的区域，在春秋季之间进行反复的修剪、翻土和放牧也可起到一定作用，但所有剪下的植物组织必须被安全处

理，比较好的处理方法是就地焚烧。

剿灭工作在2009年春天进一步加速了，因为此时出台的《财政法案》中有一项条款规定，每年可免去相当于虎杖清除费用150%的税款。不出所料，各公司抓住了这天赐良机，将每平方米的清除价格推到了50英镑以上。截至2010年初，全国每年用于清除虎杖的费用已经升至1.5亿英镑以上。

但2010年春天，一种更低廉、更安全且少了些疯狂的控制方法进入了人们的视线。非营利性农业研究组织CABI的科学家们宣布，他们一直以来都在虎杖的原产地日本对虎杖的天然捕食者——一种叫作木虱（或虎杖虱）的体型极小、吸食植物汁液的昆虫进行试验，并且已经获得政府批准在一些地区进行实地试验。可能鉴于仙人掌螟蛾的前车之鉴，再加上考虑到生物控制法可能带来的副作用，研究者们将会尽量将试验田与其他地方隔离开来，并在试验田中纳入其他与虎杖有亲缘关系的英国野生植物（如蓼属植物和蓼科的酸模），以确认木虱不会误伤到它们。

并非所有人都同意外来入侵植物——即便是“三巨头”：大猪草、喜马拉雅凤仙花和虎杖——造成的威胁有反对者们坚称的那么严重。这有没有可能是一种建立在有偏差的数据上的外来物种恐慌？2010年，英国植物分布的开创性著作《英国和爱尔兰植物地图新编》（2009）的合编者戴维·皮尔曼和他的植物学家同事凯文·沃克从一个新的角度——或者更确切地说是一个不同的尺度——分析了入侵植物的出现频率。首先，他们提出，我们可能因为这些杂草的“都市性”而对它们的存在产生了错误的印象：“我们会把外来植物看得比在实际情况中更‘普通’，因为它们在我们生活圈里很常见。于是我们就不假思索地认为它们无论在哪里都很普通。”我们从它们在城市中的混乱环境——路边、水道、废弃的工业区里的数量推断，它们在更广阔的乡村也一定以相近的密度生长。于是作者们进行了一次所谓的反推。他们先给出了面积单位为100平方千米（即10千米乘10千米，英国将这个单位称作hectad）的入侵杂草数量的数据，然后将这些面积单位按一个小得多的单位——4平方千米（即2千米乘2千米，英国将这个单位叫作tetrad）进一步细分，并在这个比例上再次分析这些杂草的数量。（整个数据库十分庞大，记录了400万个4平方千米上出现的4400种植物。）两个数据间的差异令人吃惊。100平方千米尺度上虎杖分布的面积为83%，但细分到4平方千米的尺度以后，虎杖的分布率只有29%。杜鹃花的这两项数据分别是70%和22%，喜马拉雅凤仙

花则是34%和6%。这些植物的数量似乎都集中在相对较小的面积上，其中大部分区域是城市或城郊。当皮尔曼和沃克将乡村地区，尤其是生态资源最丰富的区域的数据也如此细分分析后，外来入侵植物——用他们的话说——“稀少到难以察觉”。他们绘制了杂草首恶虎杖在多塞特郡——英国乡村面积最大的郡之一的分布图。100平方千米尺度上，虎杖在每一个单位面积里都有分布，表明它在这里是一种广泛存在的危险生物。在郡内1280个重要自然保护区中，只有8个长有虎杖。

看着美国佛罗里达州和澳大利亚的状况，我们实在没有理由在外来物种问题上放松警惕。但外来入侵植物也具有所有杂草的共性，即能让它们真正繁荣发展的只有混乱不稳定的环境，或缺乏长期稳定植物群落的地方——否则在这些植物复杂庞大的根系和长久以来形成的化学秩序的影响下，外来者通常难以立足。把大猪草的种子种在一片古老的林地中，它们很可能无法萌发；而在约克郡峡谷中温和规矩的柳兰一旦被引入肥沃、常翻新的花园绿草带，就会摇身一变，高大凶猛起来。一种植物杂草化的倾向与其说是与生俱来的性格特征，不如说是不同环境下的随机应变。

但机会总会出现在某时、某处，外来入侵者们也会一直存在，即便有时我们会夸大它们带来的威胁。它们蓬勃发展，有时候是因为它们已经扎稳了根：比如虎杖，硬要彻底根除它们，只会搞得国家破产、两败俱伤。有时候是因为它们传播的路线已经连续流畅：每一种新的作物——大豆、补血草、琉璃苣——被引进时都会带上些新的杂草亲戚。还有些时候只是因为我们喜欢它们：不管欧洲七叶树——一种不到400年前从巴尔干半岛引入的外来植物——被同样外来的树木病害摧残得多么严重，作为英国乡村植物的标志，它会受到人们的守护，哪怕只剩最后一棵。外来植物为我们的国家和地域文化贡献良多，有时对地方生态都多有裨益。而在未来它们可能需要做出更大的贡献。气候变化对本土植物造成了严重的威胁。它们在传统分布区域——它们的舒适区，数量可能会慢慢减少，变成植物中的“少数民族”，甚至最后在当地灭绝。它们留下的空白只能由可以更好地适应新环境的植物填补。这些植物中有些可能就来自更温暖的南方，若只是因为它们并非原住民便断然将它们驱逐，会让我们这座小岛的植物群背上更加贫瘠单调的风险。

因此，我想知道，在衡量外来入侵植物时有没有一种不那么武断的方法，能将它们做出积极贡献的可能性也计算在内。我觉得“适应”（naturalisation）这一概念可以作为一种衡量它们可容性的简单

有效的标准。在严格的科学定义上，“适应”指的是一个外来物种已经在野外环境中建立了足够稳定的地位，不需人类帮助就可以繁殖与传播。在英国符合这一定义的植物有近1500种，其中有约150种是公元1500年前到来的“古代杂草”，另外1300种则是之后抵达的“新杂草”。

文化层面的“适应”可能也可以帮助我们进行判断，其深层含义中强调的是人们的接受度和文化上的“相合”。这种“适应”在字典中的定义是“被承认与土生土长的事物或居民享有一样的权利和待遇”，或“以一种自然的方式定居”。在法国大革命期间，国民议会宣布：“我们，通过法案，接受国际人权之友的领导者成为法国公民。”在这些定义中有一个予与取的概念，即外来者要对其适应的文化做出一些贡献，同时尝试着融入其中。

这个标准该如何应用到一些著名的外来植物身上呢？有些植物，如欧洲七叶树（新杂草），在文化层面已经被广泛接纳并完全适应了。这种树为英伦景色、孩童游戏甚至化妆品行业（它的果实能够用来生产洗发水中使用的表面活性剂）做出了巨大的贡献，与此同时，它们带来的坏处不过就是在几片本地林地中不成气候地散播了些种子。另一个例子是雪花莲（除西部少数地区外英国全境都有分布的古代杂草）。它具有很强的侵略性，并且能在其逃脱的花园外形成巨大的植物群，但大部分人都以为它是一种地地道道的英国野花。

大量外来花园植物都能与我们的本土植物和睦共处，甚至常常相处得非常愉快。我前面提到过蔓柳穿鱼、紫菀、常绿五舌草和糖芥所做的贡献。新来物种中有一些最为优良的品种都起源于地中海地区——花朵散发着康乃馨香味的欧亚香花芥；黄色花朵周围围着一圈绿色萼片、以“唱诗班少年”的名字广为人知的菟葵；还有距药草，它耀眼的红色花朵使英格兰西南部的石头建筑充满了生气。针叶婆婆纳是19世纪30年代作为岩石花园专用植物从高加索引进的，如今它们在粗糙的草坪上开出了一片耀眼的蓝色花海（当然是在允许它们生长的地区），与之相伴的是毛茛和落下的樱花。木本羽扇豆1793年从美国加利福尼亚州远道而来，如今已经适应了东部和南部海岸的沙质海岸线，盛夏里它们的黄色花朵会为海边的微风增添蜂蜜般香甜的气息。宁夏枸杞（*Lycium barbarum*）无害地游荡在英国南部的树篱当中，哪怕只是因为它背后的故事，也值得将它留在这片土地上。18世纪初，第三代阿盖尔公爵，植物收藏家阿奇博尔德·坎贝尔收到了一株茶树（*Camellia sinensis*）和一株来自中国的枸杞。但它们的标签被弄反了，不知是出于无意还是出于幽默，公爵就继续让它们顶着错误的标签生长。这个故事在1838年才为人所知，此时公爵已过世多年，但是枸杞却留下了它的戏谑性称呼“阿盖尔公爵的茶树”作为英文名。

更有争议的是如今开遍全英国路边和草地的各种乱七八糟的花园水仙。许多人都觉得冬天过去后有些鲜亮的花朵装点一下挺不错，于是当地议会和便民组织出于好意，把水仙种到了交叉路口的圆形花坛、道路两旁和离本区已经很远的绿地中。（即便种在这些地方，水仙们也会造成问题。萨福克郡植物记录员马丁·桑福德指出，尽管这些花被认为“为环境增色不少”，但“它们也被用来在公共土地上划地为界，而且可能导致这些区域被改造成更为正规的园艺区”。）出人意料的是，许多粗莽的现代培育种和杂交种水仙似乎能产生大量的种子，于是在距离人类聚居地几英里的林地和田边也会突然出现水仙群。我在诺福克湖区的沼泽中央和约克郡谷地1000英尺（约合300米）高的小河河岸都曾见过水仙花丛。

由于水仙的叶子在5月底就会凋零，目前来看它们对本地植物的威胁还很小（不过4月里它们能够完全遮住黄花九轮草和欧报春）。但在自然景观中，它们是最具有美学破坏性的杂草，与喜马拉雅凤仙花这样频受抨击的植物相比，长在本地野生植被中的水仙花要不协调得多；它们完全来错了地方，把城市花园的氛围一路带到了乡村。

另一种极端情况是有些入侵物种永远都不该留下。例如，被南美洲驱逐的精致的水生植物粉绿狐尾藻，如今正慢慢湮没水塘和沼泽区域的开阔地。虎杖、杜鹃花和桂樱可能也应归为此类。或许还应包括一些更本土的植物，如英国培育的油菜，它们正不断冲出种植它们的田地，入侵周围的道旁植被。植物本土化——获得准许光荣成为本土植物的一员——应当以植物行为的可接受程度和适当与否为标准，而不应取决于原产国家。

边界区域也会出现问题，界线两边植物的行为和分布可能会突然改变。亚历山大草是（或者说，曾经是）一种深受人们喜爱的古代杂草。它作为一种烹饪用植物，被罗马人从地中海沿岸带到英国并广泛种植于花园中，直到味道相似的芹菜出现。很快它就在野外扎根，适应了（包括文化和生态上的双重含义）海边荒地的生长环境，与许多地中海植物一样，它似乎很喜欢海岸边温和的冬天和咸咸的空气。它翠绿的叶和黄色的花是初春路边最早出现的风景之一，它的茎煮熟后是一种挺不错的食物。但做了2000年备受喜欢、中规中矩的海岸植物典范后，它忽然性情大变，侵略性十足，并于20世纪90年代开始迅速向内陆扩散。一开始人们以为这可能是路边盐含量骤增的结果——就像丹麦岩荠那样，但亚历山大草的新植物群主要出现在并未撒盐的乡村路边以及与路面并不接近的位于高处的河岸，所以一定有其他原因——可能与气候有关。到2000年时它开始出现在赫特福德郡南部的主干道边，这里距离海边超过100英里（约合161千米）。与此同时，

本已占据了诺福克湖区东北部大部分道路路旁的它们，又开始进一步在诺福克郡最南端的A143公路两侧涌现。亚历山大草的真面目还在诺福克郡博物学家协会中引起了一场小争执，此前这个协会刚刚将它选作诺福克郡的郡花。一种杂草的形象摇摆于受人喜爱的标志性植物和初露凶相的恶棍之间，已经不是第一次了。

杂草的形象会在它们迁移或扩大地盘时改变，会在它们入侵新领地时改变，还会随着大众审美的改变而改变。就像曾经数量充足的家麻雀，100年前捕到它们还可领赏，如今它们却成了稀少且受人尊重的花园奇景，所以亚历山大草的形象可能也会很快恶化，从备受怜爱的初春第一抹绿意、植物史的一枚活化石，堕落为不断攻城略地、霸占勤恳的英国植物的领地的外来物种。杂草不仅可以是出现在错误地点的植物，还可以出现在错误的时间。

从文化适应性的角度来看看另一种被妖魔化的外来植物——挪威枫，情况便一目了然。那些说它坏话的传说故事威力强大。它是一种真正的杂草，有侵略性且粗鄙。它那数量庞大的幼苗可以铺满整个地面，挤走本地树木。它那大而不美的树叶乱七八糟地落在地上，然后慢慢腐烂，形成一层滑腻的覆盖物。这些“不合宜的树叶”以每年秋天都会导致火车打滑然后被迫停车而著称。在2009年9月，英国东英吉利国家快运公司颁布了一份“秋季落叶”特殊运营时刻表，时刻表的标题处就是一张挪威枫叶的照片。

当然，绝大部分这样的指控也同样适用于许多本地树木——梣树会长出大量树苗，山毛榉的落叶腐败速度极慢。但挪威枫比它们多具备一个污点，一个难以抹去的植物野兽的标记——它是个外来者。它应该是从欧洲中部引入的，媒介未知，时间为16世纪——可能就在这之后没多久，1664年，约翰·伊夫林[141]便在从伦敦周围各郡寄出的信中，写下了对挪威枫的最早的抨击，其中所述种种，现在的人们已十分熟悉：“挪威枫……出名的树荫完全言过其实，它那会滴下蜜露的叶子很早就会凋落……变成一种黏液和害虫，从当季的第一场雨便开始腐烂；它们就这样污染、玷污了我们的走道；因此我认为应该把它们从所有的花园和道路驱逐出去。”

3个世纪后一个记者写信给我，信中对挪威枫之于郊区风景的贡献给出了一个乐观积极的看法：

> 挪威枫常被称为杂草。它确实有一个杂草的特质——成熟时会释放大量的种子。那些带着翅膀、靠空气动力学传播的果实被叫作“锁与钥匙”。如果你希望你的花园里有一棵树，那么附近的挪威枫会义务帮忙，完全不用你动一根手指……沿着城郊铁路进

入伦敦的它，再次无视了路堤和城市荒地上弥漫的柴油气息。这种树对英国适应得如此之好，几乎有一种喜剧效果。后来居上的新丁在几乎每一种境况中，都比本地物种更本地化。

但挪威枫真的是“新丁”吗？牛津基督堂主教座堂（其历史可追溯至1282年）里圣弗丽德丝维德的神龛中，清清楚楚刻着它的叶子，旁边还有田园枫（应为本地物种）和白屈菜（应是外来物种）。当然，这可能是某个在欧洲大陆见过野生挪威枫的石匠所刻，但它确实使挪威枫的外来性蒙上了一层疑云。2005年，最负盛名的树木史权威之一——泰德·格林发表了一篇论文，一石激起千层浪。文章以安妮·史蒂文森为喜马拉雅凤仙花写诗的精神为野树正名，提出气候变化应使我们“重新思索对本土与非本土（即杂草型）树木的教条定义是否合适”。他举出挪威枫为例——也许提它只是故意唱反调——认为应把它当作一种可能的本地物种对待。他指出，古代沉积物中可能存在挪威枫的花粉，它只是因与田园枫花粉太过相似而未能被辨认出来；他还指出，挪威枫与梣树、榆树和栎树一样，都能供古老树林中的地衣在树上生长。他最有趣的观点是，目前挪威枫演化出的策略可能是为了应对气候变化而产生的一种历史性回溯——同时也是一种贴合现代的螺旋形的进步。黑孢皮病是对挪威枫打击最为严重的病害，过去1000年中这种病几度兴衰。“挪威枫迅速扎根和快速再生的能力，”格林问道，“在酷热干旱时期是不是为了对抗由病害引起的不可预测的数量锐减而演化出的生存策略？”

时光的流逝往往才是入侵植物之命运的决定因素。耕地杂草原本的生长环境若常受侵扰，它们就只能待在原来的地盘而无法进驻耕地。四处肆虐的杂草只有在某种昆虫或微生物学会以其为食时才会停下脚步。至于挪威枫，它们很少有机会能长到成熟，因此很难知道那时的它们是不是会温和起来。在有机会让它们成熟的环境里，它们的表现与本地树木毫无二致。我最近在奇尔特恩偶然看到了一棵。这棵树约有150岁，在山毛榉林的一个空隙中长了起来。这里舒适通风，地面远不像坊间传言所说的那样被结块的半腐烂的叶子掩埋，而是长满了古老林地里的那些花：蓝铃花、酢浆草和栎林银莲花。至少在这里，这种杂草般的树的下方并没有它繁衍再生的迹象。从可见的几棵树苗来看，几百年后下一棵长在这里的树应该是一棵梣树，而它的本土性可是毫无争议的。

第十二章
肖迪奇的兰花

当这世界崩坏时，

我会从高低不平的栅栏中窥视……

当我踢到一块老旧的路缘石，

我就会看到你，真实又羞涩的肖迪奇的兰花，

长在路边草地上

从旧电线、碎瓷片、铆钉和弹簧中间钻出，

以铁路的轨枕为养分。

——摘自彼得·丹尼尔斯[142]的《肖迪奇的兰花》

即便是在英国，也可以轻松找到前面章节中提到过的杂草地狱。随便望向哪个路边绿化带，就会发现斯蒂芬·迈耶对世界将到处都是“适应性强的多面手”的阴郁预言已经成真，黄花九轮草和欧报春被猪殃殃、荨麻和那些施肥过度的茂盛草地替代。“生物，”迈耶写道，“它们的多样性越来越低，来自异乡的物种越来越少，越来越没有新意。”在那些苦苦挣扎但面积依旧不断缩减的耕地的角落里，会看到尼尔·阿舍森笔下废弃的农业机械被黑莓和毒参吞没的场景。走在康沃尔郡的悬崖上，会看到本土的海石竹和春绵枣儿被大丛大丛的南非食用日中花（尽管它们很美丽）湮没。这就是属于我们的“野性未来”吗？这就是杂草将继续对我们、对几千年来和我们亲密相伴的古老植物产生的影响？抑或是我们继续对它们产生的影响？

我们甚至可以进入艾伦·韦斯曼构想的那个忽然没有了人类的世界，看看一栋几年前才空出来却已经被虎杖和新生的接骨木丛攻破的房子。但你也可以过几十年再来看看这样的地方，到时对我们星球不可避免会被杂草占领的想法便会开始动摇。在写下这段话时我就身处这样一个地方——埃塞克斯郡一个荒弃的人类居住点的遗址。此时距离最后一个居民从这里搬离还不到30年，但这片遗址已经比某个1000年前被森林吞噬的印加城市还要残破不堪。这里有几种侵略性的杂草——几片山羊豆和一枝黄花，还有躲在矮树丛中的栒子丛；但我感觉基本上像是漫步在一片野生的——尽管物种组成上稍嫌不协调——新生林地。这里长着浓密的山楂树和稀稀落落的梣树。其中有一棵身上爬满了厚厚的攀缘植物，还缀着啄木鸟啄出的小孔，忽然之间光线一变，我才意识到我眼前其实是一根老旧的电线杆，上面垂下来的是生锈的电缆。沿着小径再往里走，有一只废弃的邮筒、一个被蓬

勃生长的女贞和接骨木掩映的通信站，以及深埋在柳树丛中的孤单的消火栓。在本土树木中——尤其是在比较开阔的区域——随处可见小型且全无侵略性的花园灌木和果树。

在这里我必须介绍一些背景知识。这里是曾经繁荣一时的流动人口暂住区，位于巴西尔登附近，全盛时期住宅超过8500座。流动人口迁移始于19世纪末的农业大萧条期间，那时土地所有者们开始小块小块地出售多余土地，巴西尔登周边开始出现一片规模不小的棚屋区。这里的住宅基本上由拖车和旧的火车车厢组成，但渐渐地，越来越多的暂住者自己建起了小棚屋和小木屋（20世纪50年代时数量已达到5000座左右），有些人甚至盖起了齐整的砖房。最重要的是，每座临时房屋都有一座花园，里面种着大量的蔬菜、灌木、果树和小片的草地。

不幸的是这片世外桃源的发展很快超出了供水和排污系统的承受力，在战后极端谨慎和官僚主义气息浓厚的氛围中，当局开始对这里产生不满。1949年，一家开发公司成立了，随后暂住区的流动人口被安置到了巴西尔登新城区。至20世纪80年代中期，这家公司几乎清除了所有棚屋，而之所以这样做是为了将这个地方还原成耕地。但这里地势太过陡峭，土壤也太贫瘠，没人愿意收购。于是，1989年，公司采取了一项史无前例的行动，宣布把这座鬼城变成一个自然保护区。

之后发生的事情可谓是自然演替的实例中最奇怪也最振奋人心的一个。最开始几年，草坪草和所有与其相伴而生的杂草四处蔓延。花园的多年生植物壮大到了惊人的规模。但随后树木便开始包围上来，有李树、苹果树和一些较高的花园灌木。本地的树种——栎树、梣树、山楂，甚至还有几棵埃塞克斯郡的“郡树”鹅耳枥——紧随其后，开始在鸟类的传播下从废弃的菜畦和草地中露头。如今，欧丁香和毒豆的花绽放在5月的花丛中。绚丽的重瓣月季与它们的野生亲戚交缠在一起，野生葡萄藤则爬满了壁炉的炉腔。茂密的黑刺李丛中四散着幸存下来的山梅花或卵叶女贞。但本地的阔叶树正无情地挤走体型娇小、较为孱弱的栽培植物。在草类比较丰富的区域，大部分之前已经适应了的花园植物都已经被像野胡萝卜和百脉根这样的本地草地植物取代。在英国的气候下，本土植物群落几乎总是能赶走那些先驱杂草和外来入侵者，这个排挤过程基本只是时间问题。

而这才仅仅过去了30年。再有100年，这片曾经的流民暂住地将会变得跟一片普通的混合林地十分相似，唯一的不同就是其中会点缀着几棵强健的苹果树、能够忍受黑暗的黄杨以及路边粉色的肥皂草——这些植物都在提醒着人们，这里曾是一个充满生气的人类社区。同时它们还提醒着我们，至少在地处温带的英国，杂草对荒地的占领

几乎从来不是永久的或不可改变的。

对杂草而言，时代也在不断变化。如今的它们正处在历史上最成功的时期，同时受到的打击也比任何时候都要严厉。这本书的目的从不是为了探讨农民、园丁或保育工作者们在杂草控制上遇到的技术事宜，我关心的是人们在杂草控制上千差万别的动机，以及这种控制对我们与植物世界、大自然的关系有什么整体影响。但不同的控制技术会对文化产生不同的副作用。20世纪40年代，有机磷除草剂的使用对杂草数量（以及我们对它们的态度）产生的影响超越以前任何一种技术。化学性除草剂是如此成功，以至于许多杂草如今都十分稀少难见，倘若被约翰·克莱尔知道，他大概会说这些杂草“从我们的知识中消失了”。但化学除草剂与最原始的史前徒手除草法并没有本质上的区别。它们都只是选择性地把不想要的植物从想要的植物中去除的过程。而正如锄头会给那些根系深且可以从断根中重生的杂草个体带来优势，扬谷会帮助那些种子与农作物谷粒大小一样的杂草演化，化学性除草剂也会积极推动那些生化系统独特、对毒药免疫的杂草植株进一步演化。第一种对有机除草剂表现出抗性的杂草，它的脱颖而出有着某种程度上的必然性。1990年，在美国华盛顿，与园丁们素有渊源的千里光中有一批对广泛使用的除草剂西玛津出现了抗性。千里光从萌发到结种只需6个星期，1年中可以繁殖5代——这就像是在现实世界中进行的大型新物种培育实验。20年后，又有50个物种对大量除草剂产生了某种程度上的抗性。

随着除草剂的毒性和有机程度越来越高，杂草中也演化出了更顽强的种类，这种无尽的化学对弈所产生的文化效应就是使公众们对除草剂产生了抵触情绪。现在许多园丁都会容忍甚至乐见丰富多彩的杂草在他们的花园里出现。整个未经开发修整的花园角落可能都会被留给杂草，以及被它们吸引来的昆虫和鸟类（这样一来杂草们就被放在了“正确”的地方，从而使它们也不再是杂草了）。胆子更大的人还会把荨麻、蒲公英和繁缕采来作为野菜吃。

在乡村，一些农民也在形成类似的温和态度，他们会在自己的田间地头为杂草留下6英尺宽（约合1.8米）的生长带。平心而论，这一做法主要是为了让另一种农产品——雉鸡受益。但这些杂草带也为雀、仓鸮和昆虫提供了庇护，而这些生物又有利于植物传粉和害虫防治。如今英国生物多样性计划中包含了20种杂草，这意味着政府会为

增加它们的数量提供支援，或为它们建立保护区。具有讽刺意味的是，这个名单中有一些杂草——如矢车菊、侧金盏花和田野毛茛——直到300年前还被认为是有害的植物。

“综合杂草管理”系统正在重新启用类似于威廉·埃利斯在18世纪初使用过的一些措施，比如在玉米下套种一种有用的“杂草”（如三叶草），以抑制危害性更大的杂草并提高氮元素的含量。甚至还有人在试验将杂草种子故意播撒到耕地中，以期它们与已经对除草剂产生抗性的同种杂草杂交，提高其后代对除草剂的敏感度。

但对杂草的文化态度转变最大的还是城市。在废弃的工业区和铁路路堤，还有残破住宅区的边缘地带，并没有高产的农田或原始的生态系统可供外来入侵者破坏。这些地方被认为是荒地，或者用政客和开发商爱用的贬义术语来说叫作“棕地”[143]——这真是一个奇怪的误用，因为这些地方明明是城市中最多彩、生物资源最丰富的区域。

在没有本地植物竞争的情况下，这些地方还见证着真正的城市生态系统的演化过程，以及这星球上以前从未出现过却完全契合城市中建筑林立之地的全新植物群落的形成。1993年，来自谢菲尔德大学的奥利弗·吉尔伯特为英格兰自然署写了一份关于这些植物群落的报告，报告的名字叫作“城市中的花”。它的副标题——“‘城市公地’上的自然植物群”——使这个原本只在城市植物爱好者圈子中使用的词汇进入了官方的语系。这些户外场地就像是非官方的公地，因为它们是大部分城市中仅存的非正规的开放空间：周末来散步的人会采些黑莓，孩子们在这里建起自己的基地，旅行者们不但在这里住下，还带来了马和羊。

吉尔伯特在几座英国城市调查了城市公地上独特的植物群落，展现了每座城市迥异的杂草植物群，以及这些植物群的构成是如何与每座城市的社会史联系在一起的。伯明翰有许多一枝黄花，这可能是因为一枝黄花是一种常见的花园植物，而这座城市的“几尼花园”[144]和私家小花园有着悠久的历史。曼彻斯特和斯旺西地处西部，气候湿润，这两座城市中都长着大量的虎杖。在格拉斯哥，“曾经被达尔马诺克发电厂占据的大片土地如今长满了树木，其中包括垂枝桦、欧洲赤松、灰赤杨、普通赤杨、金雀儿、黄花柳和枸子（部分植物来自附近的沼泽地）。这样的植被在英国是独一无二的”。谢菲尔德——吉尔伯特自己所在的城市是英国最美丽多彩的城市之一。蒂斯河的河岸上长着整齐的虎杖丛，虎杖下面开着各种林地花朵，城市周围的小山

顶上则长着一片片山羊豆、短舌匹菊、菊蒿和紫菀。吉尔伯特从一个当地的矿工那里了解到，20世纪初小贩们曾到城中比较贫困的区域将这些几乎从未被人工种植过的植物作为花园新品种兜售。然后还有布里斯托尔，这里简直是最受我们喜欢的外来入侵植物——醉鱼草在英国的生长中心。醉鱼草是在19世纪80年代从中国中西部的山地引入欧洲的。它是一种长在山麓碎石上的植物，与牛津千里光一样，它也觉得铁路下铺的碎石是个熟悉且适宜的生长地。它那轻盈有翅的种子被火车搅起的气流牵引着，从铁路路堤的大本营一路扩散到了轰炸遗址、墙壁、花园和停车场。有时它的种子还会被吹到空中，然后长在烟囱里。在布里斯托尔，醉鱼草的灌木丛会长在桥上，长在建筑物的窗台上，有时还会与灌木柳和垂枝桦一起形成一种独特的城市林地。布里斯托尔的一面墙壁上涂鸦着这样一句话："这里是醉鱼草的地盘。"（抑或应该把开头两个字换成英国？）

有一点可以明确，那就是对于生活在城市中的人而言，这些杂草群落的生态形象和文化形象总是复杂地交织在一起的。它们是面熟的邻居，非法定居的植物居民，一种有生命的涂鸦——无礼粗鲁，通晓城市的生存技巧，永远比开发商和寻衅于它们的人领先一步。班克斯的精神就活在它们身上。在20世纪80年代后期，怀特岛桑当镇的后端一座残破的小花园却变成了一个生态宣传的舞台。一丛极为罕见、受到保护的纯本土农业杂草——马丁烟堇在这里被发现了，这里的小花园主人们利用这种植物受法律保护的地位成功阻止了本要对此处进行的开发。2009年，在伦敦市巴比肯画廊进行了一场题为《激进的自然：一个变化中的星球的艺术与结构》的展览，概念艺术家西蒙·斯塔林展出了一个放置在浮筒上的三维景观。这件作品叫作《杂草之岛》，是一只"隔离筏"的成比例模型，筏上是入侵植物杜鹃花，这只筏会带着杜鹃花漂向一个湖的中央，为的是让杜鹃花可以在野外生存但又不会造成危害。它让我想起了中世纪那个为动物辩护的律师巴塞洛缪·沙瑟尼，他为象鼻虫入侵提出的解决方法就是"为这些小虫子找到另一片草场安家"。

居于伦敦的毛里求斯艺术家雅克·尼姆基为2009年的诺福克和诺维奇艺术节设计了一套以城市杂草为主题的明信片图案——《诺维奇植物集锦》，每张明信片背后都有一段新奇的说明文字。这些文字会讲明植物的名字、起源、天敌、分布、最喜欢的音乐和最好的伙伴。这些字读来就像是微醺的约翰·克莱尔在为一个了解植物的诺维奇观众表演独角喜剧。尼姆基作品中的所有植物都是真实的（但名字是虚构的），它们被勾勒得姿态迷人，并且——这一点又会让人想到约翰·克莱尔——被恰如其分地和这座城市亲密融合在了一起。

明信片中有“喝醉的杰克”，它更常见的名字叫钻果大蒜芥。“分布：你可以在国王大街的蓝色围墙外找到52株，它们像个小黑帮似的占领着这地盘。这是这种植物在诺维奇最有代表性的植物群。天敌：光系统II抑制剂。最好的伙伴：在诺维奇有时会看见它们和红色奶酪碗或丑鬼鲍勃，可能还有斯瓦晨，长在一起，但领地意识有点强烈。”还有“震震草”，即稻槎菜。“分布：这座城市中随处可见。最有代表性的在伦敦大街32号，这个商铺的上方偏左边。如果你从谷歌地图上看，刚过斯旺巷的人行道上有一片这种植物形成的阴影。这个商铺正要粉刷，所以如果这种植物已经不见了，可以去隔壁34号看看，依然还是在商店顶上。另两个美丽的植物群长在诺维奇火车站自行车棚后面的墙上。用途：宇宙无敌超强侵略性植物。很难去除，有史以来一直位居最棘手的植物之列。”

同一年，伦敦东部德特福德区以南100英里处，一个叫作“粉色搜寻队”（这个名字是植物爱好者们才能看懂的玩笑：俗名叫“德特福德粉红”的拟花石竹其实从未在这一区生长过，并且被约翰·杰勒德错误鉴定过）的组织把杂草涂鸦的想法进行了进一步的演绎。他们开始在德特福德的人行道和旧墙壁上给生长着的杂草做“标记”——方法是在路缘石或墙壁石砖上喷印杂草的名字。在他们眼中，这些杂草也像是它们生长地的“标记”，他们还发布了带有杂草“标记”的谷歌地图，上面附有这些植物的说明。他们的所作所为不像尼姆基的“植物集锦”那样充满着荒诞的机智，但这样一些小小的别出心裁的举动像是给植物们挂上了杂草版蓝色纪念牌匾，从而让有好奇心的人们更仔细地观察这些植物：“药用墙草。一个墙壁爱好者，这种植物标记着整个伦敦的墙壁。它们也会长在石头地面和美丽的棕地上。植物的俗名pellitory和学名*parietaria*分别源自古老的法语和拉丁语，意思都是‘墙’。所以也许我们应该叫它‘墙上的墙’，或者就叫‘墙标’。”

若把德特福德、诗人想象中的兰花所在地肖迪奇和瓦森斯陶的沼泽地（这里是我20世纪70年代午休探险地的东北边界）三点相连，我们会得到一个三角形，这个三角形里发生过许多令人感慨、曲折纠结的植物故事。这里有被轰炸过的教堂残骸，罗丝·麦考利曾像个着了魔的探矿者一样在这里游走。伦敦塔对1666年伦敦大火中浴火重生的“伦敦火箭”水蒜芥来说，是最后的避难所之一。沃平和莱姆豪斯周围有闪亮的、崭新的船坞，它们的墙壁上还覆盖着染料植物欧地笋，伦敦城早期的市井之徒会用这种植物来抹黑自己的脸，希望别人以为自己是来自东方的未来预言者。几个还在苟延残喘的垃圾场如今已经几乎长不出什么植物，更不用说孕育出一片繁花盛开的植物群落。斯

特拉特福沼泽附近的河岸是我迄今为止徒步行走得最开心的地方。海克尼河道旁的纤道已经变成了一条植物丛生的小径，被木藤首乌遮去了一半。岸边长满了矮接骨木，它的叶子有牛肉汁味，叶上开着一簇簇尖端缀着一点粉色的花朵，茎却是饱满的血红色。（在民间故事中，这种植物是从被英国人打败的丹麦人的血泊中长出来的。）这里有高大的大猪草，还散落着伦敦的特色杂草之一——来自地中海地区的鱼鳔槐，它长着巨大、膨胀的种荚，蓝山雀会把种荚撕开并把脑袋探进去找虫子吃。

如今这整片地方——斯特拉特福沼泽和利亚谷地的大部分地区，伦敦东部野生植被的中心——已经被奥林匹克公园吞没。占地500英亩（约合2平方千米）的草场、野生灌木丛林、花园再加上2000幢房屋，全部被铲平。这是伦敦大轰炸以来伦敦东区最大规模的环境剧变，从地质学角度来说，剧变持续的时间可能也是自冰河时期之后最长的。我很想见证杂草们是如何应对这场人造地震的，毕竟它们一直以来的演化正是为了应付这样的情况。但在我写这本书的时候那里还是禁止游客入内的。奥林匹克筹建局的理由是健康、安全和安保等因素，但我想他们也不能容忍东看西看的作家们到处寻觅那些他们花大价钱想要清除的植物吧。

所以我只能从远处看看奥林匹克公园。差不多每个月我都会乘火车从诺福克郡到伦敦利物浦街一次，途中有一段路距离刚刚开始施工的场馆只有几百码远，从地面上慢慢升高的建筑物看起来像是《第三类接触》中的母舰正轻轻停放在那里。我看到了杂草闪现的光芒与颜色，沿着潮湿的采石场小径开出的黄色，圆锥形的垃圾堆顶上顶着的模糊的绿色帽子。我无法判断它们是什么植物，而一个月以后它们就会消失，被另一批杂草替代。一些看起来像是牛津千里光的植物缠绕在篱笆上，一丛丛矮接骨木沿着利河的岸边延伸出了一片。斯堪的纳维亚的外包商们应该小心这些接骨木。我感觉像是在目睹一场快进版的植物演替——只不过这种快进本就是杂草们习以为常的生活节奏。它们的演化是为了冲刺，为了应付山体滑坡，为了应付像火山爆发一样的可控爆炸。但是在这里，变化发生的速度如此之快，它们中的许多植物甚至没有繁殖的机会。那么这种短暂的入侵、这种昙花一现的存在有什么意义？看着它们来来往往，与推土机一般忙碌，我搜肠刮肚想找到合适的比喻来理解它们的意义。我想到了蚂蚁，但这些昆虫太有组织性，太有改变世界的决心，更像是挖掘机。然后我忽然想到，它们是一种免疫系统，当出现损伤时它们会介入修复受伤的组织，此情此景下受伤的组织就是被剥去了原有植被的大地。

但这并不意味着杂草比其他任何生物有什么更多的“目的性”。一

种生物存在的理由，除了它能够存在，并且能找到机会让自己存在以外，并无其他。地球生命美妙到近乎超验的一个特点，就是为了生存，它们必须与彼此、与地球紧密相连，因此它们会有一个——如果不能说是目的，那么比较接近的说法应该是角色。杂草们快速、机会主义的生存模式意味着它们的角色——它们的所作所为——是去填补大地的空白空间，去修复几百万年来被山体滑坡、洪水和森林大火自然破坏的植被，以及如今被侵略性农耕和严重污染摧残的植被。在修复的过程中，它们稳固了土壤，保持了水分，为其他植物提供了庇护，也开启了植物演替的过程以形成复杂稳定的植物系统。我想，一个合理的假设是，倘若1万年前农耕刚刚出现的时候人们成功除掉了杂草，那么农业就会成为迅速消亡的传说故事。一旦开始耕种，中东地区干燥的土壤就会被风吹走。农作物会因为没有一点遮蔽地直接暴露在阳光之下而枯萎。如今在对待杂草时，可能正确的理解和适当的妥协比清除它们更有利于我们，就像它们现在在生态友好型农作物管理系统的实验中所带来的益处那样。

但与杂草——以及它们的不可避免性——形成友好关系，永远都会是一个让人头昏眼花的过程。这个过程要将切实可行的控制手段与文化接纳结合在一起。在近代以来的大部分时间内，我们一直都在向相反的方向努力，而我们越是徒劳地——但暂时成功地——清除了杂草，我们就越懒得去了解这些植物。从农业诞生到农业革命开始，杂草们一直被当作是对自然生命和人类生存而言麻烦但必需的组成部分。它们可能需要被从土壤中清理出去，但同时也是土壤肥力的标志。它们被用于祈求生物快速生长的仪式。它们被认为是强大的药物，从更实用的角度看它们还是持家的好帮手。《圣经》坚称它们是对人类原罪的一种惩罚（这一理论一直持续到19世纪），其中隐含着的想法是杂草也是一种生态上的惩罚。它们只是我们为破坏大地而付出的代价中的很小一部分。

可是，一旦我们可以用机械和后来的化学物质攻击杂草，它们便渐渐淡出了我们的思考。如今它们的出现引发的不过是直觉反应，而不再是理性思考。它们被认为是无法解释的、粗鲁无礼的入侵者，与我们的生活方式根本不相干。随着观念的剧烈变化，如今的我们只知道归罪于杂草，而不再归罪于我们自己。但我们给它们起着带贬义的名字，给它们机会在荒野之外行使自己的修复能力，修复我们破损的世界。每一株扰人的杂草——从过度翻耕的英国绿草带上长着的宽叶羊角芹，到偶然被进口、如今阻塞了佛罗里达大沼泽地的池塘植物凤眼蓝，再到湮没了曾经被轰炸过的越南雨林的丝茅——都是未经深思熟虑的、有时甚至是故意造成的对自然系统的破坏。杂草就是我们培育出来的最成功的作物。

美国作家卡尔·萨菲纳[145]指出，信天翁这种大规模捕杀的受害者却在民间文化中演变成了带来厄运的不祥之物。俗语“脖子上有一只信天翁”的意思是背负着沉重的社会包袱。一切都是这该死的鸟的错。实际上在引出这种说法的那首《老水手之歌》中，作者柯尔律治的本意完全不是这样。诗中这名水手在错乱中射死了信天翁，“一种神圣的吉兆之鸟”。结果他的船完全停滞了，他那受尽折磨的船员将死去的鸟挂在了他脖子上。脖子上有只信天翁本应指一种由自己造成的困境。我们遇到的杂草都是我们应得的惩罚，是我们的植物信天翁。

在本书的开头我提出，杂草是我们硬要把自然世界拆成野生与驯养两部分所造成的结果。它们是边界的打破者，无归属的少数派，它们提醒着我们，生活不可能那样整洁光鲜、一尘不染。它们能让我们再次学会如何在自然的边界上生存。

致谢

谨向以下各位致以我的谢意。罗纳德·布莱思在这半生中陪我散步，跟我分享他的智慧、他对约翰·克莱尔的灼见，还送了我一幅约翰·纳什的欧白英素描。格雷格·多兰教了我许多莎士比亚对自然象征符号的运用方面的知识。克里斯·弗莱彻以及牛津大学图书馆的汉弗莱公爵图书室的工作人员，为我安排时间阅览贝里圣埃德蒙兹教堂的植物书。莉比·英戈尔斯跟我分享了美洲杂草的相关信息。莫莉·马胡德写出了给我很大启发的书《作为植物学家的诗人》，并且允许我借阅她尚未发表的成果——约翰·克莱尔作品中提到过的所有野生植物一览表。利奥·梅勒非常热情地跟我分享了他关于第二次世界大战时期的伦敦文学的研究成果。菲利普·奥斯瓦尔德对西布索普那段写柳兰的拉丁文进行了优美的翻译。朱尔斯·普雷蒂陪我探寻了巴西尔登暂住区，并跟我分享了关于此地的知识。杰里米·珀斯格洛夫为我提供了关于虎杖抵制运动的背景信息。克里斯托弗·伍德沃德启发了我对废墟美学及相关文学作品的讨论。特别要感谢鲍伯·吉本斯，他放下了手中本应进行的其他事务，以一个植物学家的眼光帮我通读了原稿，并指出了许多愚蠢的错误。

感谢安德鲁·布兰森、克莱夫·查特斯、马克·科克尔、约翰·牛顿、马丁·桑福德和伊丽莎白·罗伊，他们给我提供了各种建议、参考书目以及想法。

我要感谢托管埃德蒙·布伦登遗产的戴维·海厄姆联合公司允许我引用布伦登作品《乡村经济》中的内容（选自《战争背后的声音》，企鹅出版集团出版）。还要谢谢彼得·丹尼尔斯允许我引用《肖迪奇的兰花》。

我的代理人维维安·格林还是一如既往地给了我沉稳冷静的支持。感谢约翰·戴维和安德鲁·富兰克林提议我写作此书。谢谢彭妮·丹尼尔熟练且高效地处理了所有出版的相关事宜，还有特雷弗·霍伍德，他的审稿工作富于娴熟的技巧和专业精神。还要感谢克莱尔·罗伯茨，我们最早的合作可以追溯到25年前甚至更早，这次我们再度携手合作，她为我的书绘制了精美的插画。

最后，感谢我的爱侣波莉，可以这么说，无论是在书房还是在花

园，她永远是充满耐心和智慧的贤内助。在这两处地方该如何去芜存菁，她是最清楚不过的了。

植物名称词汇表

英国植物学名参考《新编英国岛屿植物志》（克莱夫·斯泰斯，1991年）。其他地区植物学名参考《植物全书》（D. J.马贝利，第二版，剑桥，1997年）。别名和广为使用的俗名标注在括号内。较具地方色彩的俗名没有列出，正文中这些名字的首字母为大写，以做区分。

adder's-tongue, *Ophioglossum vulgatum* 瓶尔小草

ajowan, *Trachyspermum ammi* 细叶糙果芹

alder (common), *Alnus glutinosa* 普通赤杨

grey, *A. incana* 灰赤杨

alexanders, *Smyrnium olustratum* 亚历山大草

alfalfa (lucerne), *Medicago sativa sativa* 紫花苜蓿

ash, *Fraxinus excelsior* 梣树

asparagus, *Asparagus officinali* ssp. *officinali* 芦笋

autumn lady's-tresses, *Spiranthes spiralis* 旋花绶草

balsam, Indian (Himalayan), *Impatiens glandulifera* 喜马拉雅凤仙花

orange, *I. capensis* 橙色凤仙花

small, *I. parviflor* 小花凤仙花

bee orchid, *Ophrys apifera* 蜜蜂兰

beech, *Fagus sylvatica* 山毛榉

Bermuda-buttercup, *Oxalis pes-caprae* 黄花酢浆草

betony, *Betonica officinali* 药水苏

bindweed, black, *Fallopia convolvulus* 卷茎蓼

field,*Convolvulus arvensis* 田旋花

hedge, *Calystegia sepium* 旋花

bird's-foot-trefoil, common, *Lotus corniculatus* 百脉根

bittercress, hairy, *Cardamine hirsuta* 碎米荠

black mustard, *Brassica nigra* 黑芥

blackcurrant, *Ribes nigrum* 黑穗醋栗

blackthorn, *Prunus spinosa* 黑刺李

bladder-senna, *Colutea arborescens* 鱼鳔槐

bluebell (English), *Hyacinthoides non-scripta* 蓝铃花（英国）

Spanish, *H. hispanica* 西班牙蓝铃花

borage, *Borago officinali* 琉璃苣

box, *Buxus sempervirens* 黄杨

bracken, *Pteridium aquilinum* 蕨菜

bramble (blackberry), *Rubus fruticosus* 黑莓

Brazilian pepper, *Schinus terebinthifolius* 巴西乳香

bristle-grass, *Setaria* spp. 狗尾草

broom, *Cytisus scoparius* 金雀儿

bryony, black, *Tamus communis* 薯蓣

white, *Bryonia dioica* 泻根

buckwheat, *Fagopyrum esculentum* 荞麦

buddleia (butterfly-bush), *Buddleja davidii* 醉鱼草

buffel grass, *Cenchus ciliarus* 水牛草

bugloss, small-flowered, *Echium parvifloru* 小花蓝蓟

viper's, *Echium vulgare* 蓝蓟

burdock, greater, *Arctium lappa* 牛蒡

lesser, *A. minus* 小牛蒡

burnet-saxifrage, *Pimpinella saxifraga* 虎耳草茴芹

buttercup, *Ranunculus* spp. 毛茛

corn, *R. arvensis* 田野毛茛

creeping, *R. repens* 匍枝毛茛

butterwort (common), *Pinguicula vulgaris* 捕虫堇

caltrops, *Tribulus terrestris* 蒺藜

Canadian waterweed, *Elodea canadensis* 加拿大伊乐藻

canary-grass, *Phalaris canariensis* 虉草

cannabis （hemp）, *Cannabis sativa* 大麻

capeweed, *Arctotheca calendula* 金盏草

castor-oil plant, *Ricinus communis* 蓖麻

celandine, lesser, *Ranunculus ficari* 榕叶毛茛

greater, *Chelidonium majus* 白屈菜

chamomile (mayweed), corn, *Anthemis arvensis* 田春黄菊（五月草）

stinking, *A. cotula* 臭春黄菊

charlock, *Sinapis arvensis* 白芥

cherry plum, *Prunus cerasifera* 樱桃李

cherry laurel, *Prunus laurocerasus* 桂樱

chervil, garden, *Anthriscus cerefolium* 细叶芹

chickweed, common, *Stellaria media* 繁缕

chicory, *Chicoria intybus* 菊苣

cinchona, *Cinchona officinali* 金鸡纳树

cinquefoil, creeping, *Potentilla reptans* 委陵菜

clover, red, *Trifolium pratense* 红三叶草

sulphur, *T. ochroleucon* 硫黄三叶草

white, *T. repens* 白三叶草

cockspur grass, *Echinochlia crus-galli* 稗

coco grass, *Cyperus rotundus* 香附

cogon, *Imperata cylindica* 丝茅

coltsfoot, *Tussilago farfara* 款冬

comfrey, common, *Symphytum officinal* 聚合草

white, *S. orientale* 东方聚合草

corncockle, *Agrostemma githago* 麦仙翁

cornflower, *Centaurea cyanus* 矢车菊

couch, *Eyltrigia repens* 披碱草

cow parsley, *Anthriscus sylvestris* 峨参

cowslip, *Primula veris* 黄花九轮草

crab apple, *Malus sylvestris* 野苹果

cuckooflower, *Cardamine pratensis* 草甸碎米荠

cumin, *Cuminum cyminum* 孜然芹

cyclamen (sowbread), *Cyclamen hederifolium* 仙客来

daisy (common), *Bellis perennis* 雏菊

ox-eye, *Chrysanthemum vulgare* 法兰西菊

dame's-violet, *Hesperis matronalis* 欧亚香花芥

dandelion, *Taraxacum officinal* 蒲公英

darnel, *Lolium temulentum* 毒麦

Deptford pink, *Dianthus armeria* 拟花石竹

dill, *Anethum graveolens* 莳萝

dock, broad-leaved, *Rumex obtusifolius* 钝叶酸模

curled, *R. crispus* 小酸模

patience, *R. patientia* 巴天酸模

wood, *R. sanguineus* 红脉酸模

dodder, *Cuscuta epithymum* 菟丝子

flax, *C. epilinum* 亚麻菟丝子

dog-rose, *Rosa canina* 狗蔷薇

duckweed, *Lemna* spp. 浮萍

Duke of Argyll's teaplant, *Lycium barbarum* 宁夏枸杞

elder, *Sambucus nigra* 接骨木

dwarf, *S. ebulus* 矮接骨木

elecampane, *Inula helenium* 土木香

emmer, *Triticum turgidum* 二粒小麦

evening primrose, common, *Oenothera biennis* 月见草

everlasting-pea, broad-leaved, *Lathyrus latifolius* 宽叶山黧豆

fat-hen, *Chenopodium album* 藜

fennel, *Foeniculum vulgare* 小茴香

fenugreek, *Trigonella foenum-graecum* 胡芦巴

feverfew, *Tanacetum parthenium* 短舌匹菊

field cow-wheat,*Melampyrum arvense* 田山萝花

fig,*Ficus carica* 无花果

fleabane, Canadian, *Conyza canadensis* 小蓬草

Sumatran, *C. sumatrenis* 苏门白酒草

fluellen, *Kickxia* spp. 玄参

forget-me-not, *Myosotis* spp. 勿忘我

foxtail, meadow, *Alopecurus pratensis* 看麦娘

fuchsia, *Fuchsia magellanica* 倒挂金钟

fuller's teasel, *Dipsacus sativus* 起绒草

fumitory, common, *Fumaria officinali* 烟堇

Martins' ramping, *F. reuteri* 马丁烟堇

furze (gorse), *Ulex europeaus* 荆豆

gallant-soldier, *Galinsoga parvifloru* 牛膝菊

gipsywort, *Lycopus europaeus* 欧地笋

gladiolus, wild, *Gladiolus italicus* 唐菖蒲

goat's-rue, *Galega officinali* 山羊豆

goldenrod, Canadian, *Solidago canadensis* 一枝黄花

goosegrass (cleavers), *Galium aparine* 猪殃殃

grama, *Bouteloua* spp. 格兰马草

greater stitchwort, *Stellaria holostea* 大繁缕

green alkanet, *Pentaglottis sempervirens* 常绿五舌草

ground-elder, *Aegopodium podagraria* 宽叶羊角芹

ground ivy, *Glechoma hederacea* 金钱薄荷

groundsel, *Senecio vulgaris* 欧洲千里光

hawksbeard, smooth, *Crepis capillaris* 还阳参

hawkweeds, *Hieracium* spp. 山柳菊

hawthorn (may), *Crataegus monogyna* 山楂

heather (ling), *Calluna vulgaris* 石南

hedge mustard, *Sisymbrium officinal* 钻果大蒜芥

hedge woundwort, *Stachys sylvatica* 林地水苏

hemlock, *Conium maculatum* 毒参

henbane, *Hyoscamus niger* 天仙子

hoary cress, *Lepidium draba* 群心菜

hogweed (common), *Heracleum sphondylium* 独活

giant, *H. mantegazzianum* 大猪草

honeysuckle (woodbine), *Lonicera periclymenum* 忍冬

hornbeam, *Carpinus betulus* 鹅耳枥

horse-chestnut, *Aesculus hippocastanum* 欧洲七叶树

horsetail, field,*Equisetum arvense* 木贼

Hottentot-fig,*Carpobrotus edulis* 食用日中花

hound's-tongue, *Cynoglossum officinal* 红花琉璃草

houseleek, *Sempervivum tectorum* 长生草

ivy, *Hedera helix* 常春藤

ivy-leaved toadflax, *Cymbalaria muralis* 蔓柳穿鱼

knotgrass (ironweed), *Polygonum aviculare* 萹蓄

kudzu vine, *Pueraria montana* 葛藤

laburnum, *Laburnum anagyroides* 毒豆

lady's-bedstraw, *Galium verum* 蓬子菜

lady's-mantle, *Alchemilla* spp. 羽衣草

lamb's *ears, Stachys byzantina* 绵毛水苏

lilac, *Syringa vulgaris* 欧丁香

linseed (flax), *Linum usitatissimum* 亚麻

lobelia, *Lobelia erinus* 半边莲

loganberry, *Rubus loganobaccus* 罗甘莓

London rocket, *Sisymbrium irio* 水蒜芥

love-lies-bleeding, *Amaranthus caudatus* 尾穗苋

mallow, common, *Malva sylvestris* 锦葵

musk, *M. moschata* 麝香锦葵

mandrake, *Mandragora officinaru* 风茄

mare's-tail, *Hippuris vulgaris* 杉叶藻

marigold, common, *Calendula officinali* 金盏花

corn, *Chrysanthemum segetum* 南茼蒿

meadow-grass, smooth, *Poa pratensis* 草地早熟禾

Michaelmas daisy, common, *Aster x salignus* 紫菀

millet, *Panicum miliaecum* 黍

mint, *Mentha* spp. 薄荷

montbretia, *Crocosmia x crocosmiiflor* 雄黄兰

morning glory, *Ipomoea purpurea* 圆叶牵牛

motherwort, *Leonurus cardiaca* 灰原益母草

mugwort, *Artemisia vulgaris* 艾草

mullein, great, *Verbascum thapsus* 毛蕊花

navelwort (pennywort), *Umbilicus rupestris* 脐景天（金钱草）

nettle, small, *Urtica urens* 欧荨麻

stinging, *U. dioica* 异株荨麻

New Zealand pigmyweed, *Crassula helmsii* 黑乐草

nightshade, black, *Solanum nigrum* 龙葵

deadly, *Atropa belladonna* 颠茄

woody (bittersweet), *Solanum dulcamara* 欧白英

nipplewort, *Lapsana communis* 稻槎菜

oil-seed rape, *Brassica napus* spp. *oleifera* 油菜

oregano (marjoram), *Origanum vulgare* 牛至

oxlip, *Primula elatior* 高报春

oxtongue, bristly, *Picris echioides* 刺缘毛连菜

pampas grass, *Cortaderia selloana* 蒲苇

pansy, field,*Viola arvensis* 野生堇菜

wild, *V. tricolor* 三色堇

paperbark, *Melaleuca* spp. 千层树

parrot's-feather, *Myriophyllum aquaticum* 粉绿狐尾藻

pellitory-of-the-wall, *Parietaria judaica* 药用墙草

penny-cress, field,*Thlaspi arvense* 遏蓝菜

peony, *Paeonia mascula* 芍药

pheasant's-eye, *Adonis annua* 侧金盏花

pimpernel, blue, *Anagallis arvensis.* spp. *caerulea* 蓝花琉璃繁缕

scarlet, *A. arvensis* 琉璃繁缕

pineapple-weed, *Matricaria discoidea* 同花母菊

pirri-pirri-bur, *Acaena novae-zelandiae* 新西兰芒刺果

plantain, greater, *Plantago major* 宽叶车前

hoary, *P. media* 北车前

ribwort, *P. lanceolata* 长叶车前

poison ivy, *Rhus radicans* 毒漆藤

poppy, corn, or common, *Papaver rhoeas* 虞美人

opium, *P. somniferum* 罂粟

prickly pear, *Opuntia ficus-indic* 仙人掌

primrose, *Primula vulgaris* 欧报春

privet, garden, *Ligustrum ovalifolium* 卵叶女贞

wild, *L. vulgare* 普通女贞

purple-loosestrife, *Lythrum salicaria* 千屈菜

quackgrass, *Agopyron repens* 偃麦草

quaking-grass, *Briza media* 凌风草

radish, wild, *Raphanus raphanistrum* 野芥菜

ragged-robin, *Lychnis flos-cucul* 剪秋萝

ragweed, *Artemisia artemisiifolia* 豚草

ragwort, common, *Senecio jacobaea* 新疆千里光

London, *S. x subnebrodensis* 伦敦千里光

Oxford, *S. squalidus* 牛津千里光

red-hot poker, *Kniphofi* spp. 火把莲

redshank, *Persicaria maculosa* 春蓼

reed, *Phragmites australis* 芦苇

rhododendron, *Rhododendron ponticum* 杜鹃花

rosebay willowherb, *Chamerion angustifolium* 柳兰

rue-leaved saxifrage, *Saxifraga tridactylites* 红叶虎耳草

Russian vine, *Fallopia baldschuanica* 木藤首乌

rye-grass, Italian, *Lolium multifloru* 意大利黑麦草

perennial, *L. perenne* 多年生黑麦草

sandwort, spring, *Minuartia verna* 春米努草

saw-sedge (great fen-sedge), *Cladium mariscus* 黑莎草（大沼泽草）

Scots pine, *Pinus sylvestris* 欧洲赤松

scurvy-grass, common, *Cochlearia officinali* 岩荠

Danish, *C. danica* 丹麦岩荠

self-heal, *Prunella vulgaris* 夏枯草

shepherd's-needle, *Scanidx pecten-veneris* 针果芹

shepherd's-purse, *Capsella bursa-pastoris* 荠菜

shoo-fly, *Nicandra physalodes* 假酸浆

silver birch, *Betula pendula* 垂枝桦

silverweed, *Potentilla anserina* 蕨麻

soapwort, *Saponaria officinali* 肥皂草

sow-thistle, *Sonchus* spp. 苦苣菜

soya bean, *Glycine max* 大豆

speedwell, germander, *Veronica chamaedrys* 石蚕叶婆婆纳

slender, *V. filiformi* 针叶婆婆纳

spiny chicory, *Cichorium spinosum* 针叶菊苣

spiny restharrow, *Ononis spinosa* 红芒柄花

spotted medick, *Medicago arabica* 褐斑苜蓿

squill, spring, *Scilla verna* 春绵枣儿

St. John's wort, perforate, *Hypericum perforatum* 贯叶连翘

statice, *Limonium* spp. 补血草

stinking hellebore, *Helleborus foetidus* 臭嚏根草

striga (witchweed), usually *Striga lutea* 独脚金（巫师草）

sun spurge, *Euphorbia helioscopia* 泽漆

sunflower, *Helianthus annuus* 向日葵

sycamore, *Acer pseodoplatanus* 挪威枫

tansy, *Tanacetum vulgare* 菊蒿

thistle, creeping, *Cirsium arvense* 丝路蓟

spear (“Scotch”), *C. vulgare* 大翅蓟（来自苏格兰的）

thorn-apple, *Datura stramonium* 曼陀罗

thoroughwort, *Ageratina adenophora* 贯叶泽兰

thrift (sea-pink), *Armeria maritime* 海石竹（海粉红）

thyme, wild, *Thymus polytrichus* 红花百里香

tree lupin, *Lupinus arboreus* 木本羽扇豆

tree-of-heaven, *Ailanthus altissima* 臭椿

tumbleweed (Russian thistle, spineless saltwort), *Salsola kali,* spp. *ruthenica* 风滚草（俄国蓟，无刺猪毛菜）

valerian, marsh, *Valeriana dioica* 缬草

red, *Centranthus ruber* 距药草

vervain, *Verbena officinali* 马鞭草

violet, sweet, *Viola odorata* 香堇菜

wall barley, *Hordeum murinum* 鼠大麦

wallflower, *Erysimum cheiri* 糖芥

walnut, *Juglans regia* 核桃

water hyacinth, *Eichhornia crassipes* 凤眼蓝

watercress, *Rorripa nasturtium-aquaticum* 西洋菜

water-pepper, *Persicaria hydropiper* 水蓼

weld, *Reseda luteola* 黄木犀草

white horehound, *Marrubium vulgare* 欧夏至草

wild carrot, *Daucus carota* 野胡萝卜

wild leek, *Allium ampeloprasum* 巨葱

wild oats, *Avena fatua* 野燕麦

willow, goat, *Salix caprea* 黄花柳

grey (sallow), *S. cinerea* 灰毛柳（黄柳）

winter aconite, *Eranthis hyemalis* 菟葵

winter heliotrope, *Petasites fragrans* 香蜂斗菜

woad, *Isatis tinctoria* 菘蓝

wormwood, *Artemisia absinthium* 苦艾

yarrow, *Achillea millefolium* 蓍草

yellow-rattle, *Rhinanthus minor* 小鼻花

Yorkshire-fog, *Holcus lanatus* 绒毛草

注释和参考文献

（条目前的页码为原书页码，见本书边码。）

此处不包含正文中已经给出详细参考文献的内容。

第一章

关于米德尔塞克斯探险的完整故事，可参见Richard Mabey, *The Unofficial Countryside*, London, 1973。

大翅蓟：Tim Low, *Feral Future: The Untold Story of Australia's Exotic Invaders,*Chicago, 2002. Ralph Waldo Emerson, *Fortune of the Republic*, 1878.

Francis Simpson, *Simpson's Flora of Suffolk*, Ipswich, 1982.

John Ruskin, *Proserpina*, 1874—1876. J. C. Loudon, *Arboretum and Fruticetum Britannicum*, 1838.

美国的态度：Paul Robbins, *Lawn People: How Grasses, Weeds and Chemicals Make Us Who We Are*, Philadelphia, 2007; Sara Stein, *My Weeds: A Gardener's Botany*,New York, 1988.

喜马拉雅凤仙花的游戏：Richard Mabey, *Flora Britannica*, London, 1996. 《哈利·波特》中的植物：参见维基百科。

千屈菜的学名：Geoffrey Grigson, *A Dictionary of English Plant Names*, London,1974.

Stephen Meyer, *The End of the Wild*, Cambridge, Mass., 2006.

Gary Snyder, “Earth turns”, Orion, April 2009.

Gerard Manley Hopkins, “Inversnaid”. John Clare, “Leisure”, in *John Clare by Himself*, eds. Eric Robinson and David Powell, Ashington, 1996.

第二章

轰炸遗址的杂草：Edward Salisbury, *Weeds and Aliens*，2nd edn，London, 1961;Richard Fitter, *London's Natural History*，London, 1945.

Michael Pollan, *Second Nature*, London, 1996.

“野地的花”：Lytton John Musselman, *Figs, Dates, Laurel and Myrrh: Plants of the Bible and the Quran，Portland, 2007; John Gerard, The Herball, or Generall Historie of Plantes, 1597, and Dover facsimile of 1633 edn, New York, 1975; Salisbury, Weeds and Aliens, op. cit.*

Charles Darwin, *The Origin of Species*, 1859.

吉尔伯特·怀特的花园： Gilbert White, *Journals*, ed. Francesca Greenoak, 3 vols,London, 1987—1989.

诺森伯兰郡的民俗，引自Roy Vickery, *Plant Lore*, Oxford, 1995。John Ray,*Catalogus Plantarum circa Cantabrigiam nascentium*, 1660.

雪利虞美人：Mabey, *Flora Britannica*, op. cit.

第三章

《创世记》，参见Robert Gould and Stephen Prickett (eds), *The Bible: Authorised King James Version*, Oxford, 1997。

伊甸园：John Prest, *The Garden of Eden: The Botanic Garden and the Re-creation of Paradise*, New Haven, 1981; Max Oelschlaeger, *The Idea of Wilderness*, New Haven,1991.

N. I. Vavilov, *Studies on the Origin of Cultivated Plants*, Leningrad, 1926; 还可参见Geoffrey Grigson, “Ninhursaga”, in *Gardenage*, London, 1952。沙漠食物：“生活在叙利亚—土耳其东部边境的现代亚述人在烹饪中使用的野生植物”，牛津食品座谈会，2004年；Terence McKenna, *Food of the Gods*, New York, 1984.

紫色水稻：Stein, *My Weeds*, op. cit.

John Passmore, *Man's Responsibility for Nature: Ecological Problems and Western Tradition*, New York, 1974. Virgil, *The Georgics*, ed. and trans. K. R. Mackenzie, London,1969.

Claude Lévi-Strauss, *From Honey to Ashes*, 1966, trans. John and Doreen Weightman, New York, 1973.

新石器时代的杂草： Phil Watson and Miles King, *Arable Plants*, Old Basing, 2003.

Eilert Ekwall, *The Concise Oxford Dictionary of Place Names*, Oxford, 1960; P. V.Glob, *The Bog People: Iron-Age Man Preserved*, 1965（in Danish; UK edn, London 1969 ）.

第四章

丢勒：Madeleine Pinault, *The Painter as Naturalist*, Paris，1991; 还可参见Wilfrid Blunt, *The Art of Botanical Illustration*, London, 1950。

Johann von Goethe, *The Sorrows of Young Werther*, 1774.

迪奥斯克利德斯的话转引自Wilfrid Blunt and Sandra Raphael, *The Illustrated Herbal*, London, 1978。

Foster Barham Zincke, *Some Materials for the History of Wherstead*, 2nd edn,1893. Thomas Tusser, *His Good Points of Husbandry*, ed. Dorothy Hartley, London, 1931.

Dorothy Hartley, *The Land of England*, London, 1979.

旋花：Salisbury, *Weeds and Aliens*, op. cit.

对动物进行的审判：Noel Sweeney, “Animals in the dock”, BBC Wildlife，March 2007; Julian Barnes, *A History of the World in 10½ Chapters*, London, 1989.

俗名出自Geoffrey Grigson, *The Englishman's Flora*, London, 1958。

仲夏节篝火：Christina Hole, *British Folk Customs*, London, 1976; Marcel de Cleene and Marie Claire Lejeune, *Compendium of*

Symbolic and Ritual Plants in Europe,Ghent, 1999—2003; 也可参见*Grigsons, The Englishman's Flora*, op. cit。

《博尔德医书》转引自Eleanour Sinclair Rohde, *The Old English Herbals*, London ,1972。

John Aubrey, *Miscellanies*, 1890. “Lay of the Nine Herbs”，转引自Rohde, *The Old English Herbals*, op. cit。

杂草信息素：V. S. Rao, *Principles of Weed Science*, 2nd edn, Enfield, N.H., 2000;Roger Cousens and Martin Mortimer, *Dynamics of Weed Populations*, Cambridge, 1995.

William Turner, *A New Herball*, 1551. John Gilmour and Max Walters, *Wild Flowers*, 4th edn, London, 1969. Gerard, *Herball*, op. cit.菟丝子的信息素：Consuelo de Moraes in *Science*, 29 Sept. 2006.

第五章

Turner, *A New Herball*, op. cit.

Charles E. Raven, *English Naturalists from Neckham to Ray*, Cambridge, 1947.

Gerard, *Herball*, op. cit. (1633 edn).

Thomas Johnson, *Botanical Journeys in Kent ＆ Hampstead*, ed. J. S. L. Gilmour,Pittsburgh, 1972.

卡尔佩珀的生平：Benjamin Woolley, *The Herbalist: Nicholas Culpeper and the Seventeenth-Century Struggle to Bring Medicine to the People*, London, 2004.

第六章

Nicholas Culpeper, *The English Physitian*, 1652.

“灵活转折”：Jonathan Bate, *The Genius of Shakespeare*, London, 1998；还可参见Leo H. Grindon, *The Shakspere Flora*, 1883。

约翰·克莱尔写花的信件，转引自Margaret Grainger, *Natural History Prose Writings of John Clare*, Oxford, 1983。

John Clare, *The Shepherd's Calendar*, ed. Eric Robinson and Geoffrey Summerfield, Oxford, 1964.作者注：鉴于克莱尔拼写和语法的独特性，他的作品一直没有统一的版本（不过文中选诗都是由牛津大学出版社发表的呈现原始拼写方式的作品）。我的引用来源是各种较易获取的资源，最常用的是John Clare, *Selected Poetry*,ed. Geoffrey Summerfield, London, 199。下文中引用但未给出详细参考文献的诗均出自此书。

M. M. Mahood, *The Poet as Botanist*, Cambridge, 2008.

荠菜："The Flitting"。雏菊：*John Clare by Himself*, op. cit. 杰弗里·格里格森的话转引自Ronald Blythe, "An inherited perspective", *From the Headlands*, London, 1982。

克莱尔的日志：*John Clare by Himself*, op. cit. Elizabeth Helsinger, "Clare and the place of the peasant poet", *Critical Inquiry*, 13 (1987). "The Lament of Swordy Well".

"The Ragwort", *The Midsummer Cushion*, ed. Anne Tibble, Ashington, 1978.

海尔普斯顿的关闭：Jonathan Bate，*John Clare*, London, 2003; "The Village Minstrel", *The Poems of John Clare*，ed. J. W. Tibble, London, 1935.

"Childhood". "Remembrances".

"Cowper Green", Tibble, *Poems*, op. cit. W. R. Mead, *Pehr Kalm*, Aston Clinton,2003.

William Ellis, *The Practical Farmer, or the Hertfordshire Husbandman*, c. 1750.

Mead, *Pehr Kalm*, op. cit.

George H. Whybrow, *The History of Berkhamsted Common*, n.d. (c. 1925).

第七章

邱园：Lucile H. Brockway, *Science and Colonial Expansion: The Role of the British Royal Botanic Gardens*, New York, 1979; Alfred W.

Crosby, *Ecological Imperialism: The Biological Expansion of Europe, 900—1900,* Cambridge, 1986.

John Sibthorp, *Flora Oxoniensis*, 1794.

George Claridge Druce, *The Flora of Oxfordshire*, 2nd edn, 1927. Grigson, *Gardenage*,op. cit.

伦敦千里光：Rodney M. Burton, *Flora of the London Area* ，London, 1983. 马拉维的牛膝菊：Mabey, *Flora Britannica*, op. cit.

拉斯金和蔓柳穿鱼：Mahood, *The Poet as Botanist*, op. cit. Vickery, *Plant Lore*,op. cit.

托瓦尔森：Grigson, *Gardenage*, op. cit.

关于美洲杂草的引用：Crosby, *Ecological Imperialism*, op. cit.

第八章

自然神学：可参考W. Derham, *Physicotheology; or a Demonstration of the Being and Attributes of God from His Works of Creation*, 1711—1712。

刺果人：Mabey, *Flora Britannica*, op. cit. Peter Forbes, *The Gecko's Foot: Bioinspiration–Engineered from Nature*, London, 2005.

Ruskin, *Proserpina*, op. cit.

Janet Malcolm, *Burdock*, New Haven, 2008.

威廉·鲁宾森的生平：Mea Allen, *William Robinson 1838—1935: The Father of the English Flower Garden*, London, 1982.

第九章

Pollan, *Second Nature*, op. cit.

Robbins, *Lawn People*, op. cit.

Henry D. Thoreau, *Walden; or, Life in the Woods*, 1854; *Annotated Walden*, ed.Philip van Doren Stern, New York, 1970.

诺福克郡的大麻：Michael Friend Serpell, *A History of the Lophams*, Chichester,1980.

以阔叶杂草为食的蛾类。Chris Manley, *British Moths and Butterflie*，London,2008.

华兹华斯的诗：“To the Small Celandine”.

Gerard, *Herball*, op. cit.

第十章

William Orpen, *An Onlooker in France, 1917—1919*, London, 1921. 威尔逊上尉的信引自*War Letters of Fallen Englishmen*, ed. Laurence Housman, London, 1930。

壕沟花园：Caroline Dakers, *The Countryside at War, 1914—1918*, London,1987. Ivar Campbell引自*War Letters of Fallen Englishmen*, op. cit。Ivor Gurney转引自Dakers, *The Countryside at War*, op. cit. John Masefield,*Letters from the Front, 1915—1917*, ed. Peter Vansittart, London, 1984。

Edmund Blunden, *Undertones of War*, 1927.

《乡村生活》，转引自Dakers, *The Countryside at War*, op. cit。

Clement Scott, *Poppy-land*, 1894.

麦克雷的信：*War Letters of Fallen Englishmen*, op. cit.

荣军纪念日的历史：Mabey, *Flora Britannica*, op. cit.

Robert Morison, *Historia*，1680.

诺森伯兰郡的柳兰：George A. Swan, *Flora of Northumberland*, Newcastle, 1993.

H. J. Riddelsdell et al., *Flora of Gloucestershire*，1948.

Salisbury, *Weeds and Aliens*, op. cit. 白金汉郡柳兰的故事：Mabey, *Flora Britannica*, op. cit.

表观遗传学：可参考Jerry Fodor and Massimo Piattelli-

Palmarini, *What Darwin Got Wrong*, London, 2010。

英国广播公司口述历史网站：www.bbc.co.uk/wwpeopleswar/stories.罗丝·麦考利：Jane Emery, *Rose Macaulay: A Life*, London, 1991.

Leo Mellor, “Words from the bombsites: debris, modernism and literary salvage”,*Critical Quarterly*, 46, 4 (2006).

废墟：Rose Macaulay, *Pleasures of Ruins,* London, 1953; Christopher Woodward, *In Ruins*, London, 2001; Uvedale Price, *Essays on the Picturesque*, 1794—1798; Richard Deakin,*Flora of the Colosseum*，1855.

第十一章

弹坑里的花：J. E. Lousley, *Wild Flowers of Chalk and Limestone*, 2nd edn,London, 1969.

William Robinson, *The Wild Garden*，1870. 大猪草的早期分布：*Atlas of the British Flora*, ed. F. H. Perring and S. M. Walter, London, 1962.

J. H. Dickson, *Wild Plants of Glasgow*, Aberdeen, 1991.

Kenneth Grahame, *The Wind in the Willows*, 1908.

Neal Ascherson, *Games with Shadows*, London, 1988.

Alan Weisman, *The World Without Us*, New York, 2007.

底特律：Christopher Woodward, “Nature in ruins”, in *Urban Wildscapes*，ed.Anna Jorgensen; Julien Temple, “Last Days”，*Guardian*, 11 March 2010；以及坦普尔的纪录片《底特律安魂曲》，BBC TV 2010。

Jonathan Silvertown, *Demons in Eden: The Paradox of Plant Diversity*, Chicago,2005.

弗朗西斯·拉姆：www.gourmet.com/food/2008/09/kudzu.葛藤阴谋论：www.mindspring.com/~mdpas/kudzu.html.

Mabey, *The Unofficial Countrysid*, op. cit.

达格南的风滚草的历史：Burton, *Flora of the London Area*, op. cit.

A. O. Hume, *Journal of Botany*, 1901.

Anne Stevenson, “Himalayan balsam”, *Minute by Glass*, Oxford, 1982；杜威尔顿的凤仙花的故事： Mabey, *Flora Britannica*, op. cit.

谢菲尔德矿工的故事：Mabey, *Flora Britannica*, op. cit.

虎杖的控制：Lois Child and Max Wade, *The Japanese Knotweed Manual*,Chichester, 2000.

David Pearman and Kevin Walker, “Alien plants in Britain: a real or imagined problem?”, *British Wildlife*，October 2009.

Martin Sandford, *A Flora of Suffolk*, Ipswich, 2010.

John Evelyn, *Sylva; or, a Discourse of Forest Trees*, 1664.铁路边的挪威枫：Mabey, *Flora Britannica*, op. cit.

Ted Green, “Is there a case for the Celtic Maple or the Scots Plane?”, *British Wildlife*, February 2005.

第十二章

Peter Daniels, “The Shoreditch Orchid”, 2008年阿尔文国际诗歌比赛获奖作品。

暂住区：Dennis Hardy and Colin Ward, *Arcadia for All: The Legacy of a Makeshift Landscape*, Nottingham, 2004; Deanna Walker, *Basildon Plotlands*, Chichester,2001; Rodney L. Cole, *Natives and Aliens: The Wild Flowers and Trees of the Langdon Hills*, Basildon, 1996.

除草剂抗性：Cousens and Mortimer, *Dynamics of Weed Populations*, op. cit.

受保护的耕地杂草：Watson and King, *Arable Plants*, op. cit.

雅克·尼姆基：www.nnfestival.org.uk/Contemporary-art-norwich, 2009.

草标：www.deptfordx.org.

奥林匹克公园：Stephen Gill, *Archaeology in Reverse*, London, 2007.

Carl Safina,*Eye of the Albatross: Visions of Hope and Survival*, New York, 2002.

注释

[1]拉尔夫·沃尔多·爱默生（Ralph Waldo Emerson, 1803—1882），美国思想家、文学家、诗人，确立美国文化精神的代表人物。

[2]杰瑞·莱贝尔（Jerry Lieber, 1933—2011）和迈克·斯托勒（Mike Stoler, 1933— ）均为美国传奇创作歌手，因为猫王埃尔维斯·普雷斯利写歌而闻名。

[3]托尼·乔·怀特（Tony Joe White, 1943— ），美国民谣摇滚歌手。

[4]弗朗西斯·辛普森（Francis Simpson, 1912—2003），英国博物学家和作家。

[5]约翰·拉斯金（John Ruskin, 1819—1900），又译作约翰·罗斯金，英国维多利亚时代的作家、艺术家、评论家。

[6]J. C.劳登（J. C. Loudon, 1783—1843），英国植物学家、园林设计师和墓地设计师，也是作家和园艺杂志主编。

[7]贝丝·查托（Beth Chatto, 1923— ），英国植物学家、园林设计师和作家，曾创建贝丝·查托花园。

[8]这种月季享有“月季与芳香之后”的美誉，它的由来可追溯到拿破仑的妻子约瑟芬，她非常喜欢月季和蔷薇，“莫梅森的纪念品”为她最钟爱的品种。此名得自俄罗斯的某位公爵，他在约瑟芬皇后的莫梅森堡花园中得到此月季的样本，从而将其正式命名为“莫梅森的纪念品”。

[9]J. K. 罗琳（J. K. Rowling, 1965— ），英国当代女作家，著有“哈利·波特”系列小说。

[10]罗杰·迪金（Roger Deakin, 1943—2006），英国作家、纪录片制作人和环保专家。

[11]约翰·艾弗莱特·米莱斯（John Everett Millais, 1829—1896），英国画家。

[12]英国赫布里底群岛，位于苏格兰沿海。

[13]斯蒂芬·迈耶（Stephen Meyer, 1952—2006），麻省理工学院政治学教授。

[14]它的英文叫作thoroughwort，由thorough（贯穿的）和wort（草）组成，但thorough也有“完全的，彻底的”之意，thoroughwort便也可解释为“到处都有的草”。——译注

[15]杰拉尔德·曼利·霍普金斯（Gerard Manley Hopkins, 1844—1889），英国最负盛名的维多利亚时代诗人。

[16]约翰·克莱尔（John Clare, 1793—1846），英国诗人，作品主要描写自然景色和乡村风光。

[17]爱德华·索尔兹伯里（Edward Salisbury, 1886—1978），英国植物学家和生态学家。

[18]迈克尔·波伦（Michael Pollan, 1955—），美国作家、行动主义者、新闻学教授，加州大学伯克利分校科学和环境新闻学“奈特”项目的主任。

[19]约翰·杰勒德（John Gerard, 1545—1612），文艺复兴时期的植物学家和药剂师。

[20]彼得·勃鲁盖尔（Pieter Brueghel, 1525—1569），佛兰德画家。

[21]吉尔伯特·怀特（Gilbert White, 1720—1793），英国博物学家和鸟类学家。

[22]约翰·雷（John Ray, 1627—1705），英国博物学家，被誉为英国博物学之父。

[23]达尔文诞生于1809年。

[24]威廉·威尔克斯（William Wilks, 1843—1923），英国著名的园艺师和牧师。

[25]指西亚、北非地区两河流域及附近的肥沃土地，包括累范特、美索不达米亚和古埃及，位于今日的以色列、约旦河西岸、黎巴嫩、约旦部分地区、叙利亚，以及伊拉克和土耳其的东南部、埃及东北部。——译注

[26]尼古拉·瓦维洛夫（Nikolai Vavilov, 1887—1943），苏联植物学家和遗传学家，主要成就在于确认了栽培植物的起源中心。

[27]泰瑞斯·麦肯南（Terence McKenna, 1946—2000），爱尔兰裔美国作家、民族植物学家。

[28]美索不达米亚中南部的一个古代文化地区，首都为巴比伦。——译注

[29]罗马神话中的诸神之王，对应希腊神话中的宙斯。——译注

[30]克洛德·列维—斯特劳斯（Claude Lévi-Strauss, 1908—2009），法国著名社会人类学家、哲学家，结构主义创始人，法兰西科学院院士。

[31]艾勒特·艾克瓦尔（Eilert Ekwall, 1877—1964），瑞典隆德大学教授，历史地理学家。

[32]P. V.格洛布（P. V. Glob, 1911—1985），丹麦考古学家、人类学家。

[33]亨利·梭罗（Henry Thoreau, 1817—1862），美国著名作家、博物学家、改革家和哲学家。

[34]也称“肮脏的30年代”，指1930—1936年北美发生的一系列沙尘暴事件。——译注

[35]阿尔布雷希特·丢勒（Albrecht Dürer, 1471—1528），生于德国纽伦堡，画家、版画家及木版画设计师。

[36]原文中那段英文没能在《少年维特之烦恼》一书中找到对应原文，疑为作者凭回忆所写。此处中文摘自韩耀成译本中最贴近文意的一段。——译注

[37]希波克拉底（Hippocrates,约公元前460—约前370），古希腊医师，被称为“医药之父”。

[38]盖伦（Galen，129—约200），希腊解剖学家、内科医生和作家，其著作对中世纪医学有决定性影响。

[39]泰奥弗拉斯托斯（Theophrastus,公元前370—前287），亚里士多德的学生，植物学创立者。

[40]派达尼奥斯·迪奥斯克利德斯（Pedianos Dioskurides, 40—90），古罗马时期的医生与药理学家，其代表作《药物论》是现代植物术语的重要来源。

[41]维也纳古本是指藏于奥地利图书馆的一系列手稿珍本。——译注

[42]阿普列尤斯（Apuleius, 125—180），古罗马作家、哲学家。

[43]保罗·克利（Paul Klee, 1879—1940），瑞士裔德国画家，被誉为20世纪变化最多、最难以理解和最才华横溢的艺术家之一。

[44]托马斯·塔瑟（Thomas Tusser, 1524—1580），英国诗人，同时也是农夫。

[45]多萝西·哈特利（Dorothy Hartley, 1893—1985），英国社会历史学家、插画家、作家。

[46]荨麻繁荣昌盛的地区还包括如今的威尔特郡。从大片工业化管理的耕地中流出的化肥，加上家用清洁剂里的磷酸盐，一起涌入肯尼特河。每到夏天，两岸茂密的荨麻就会绵延成12英里（约合19千米）长的几乎没有空隙的植物带，有些植株可以长到10英尺（约合3米）高。——作者注

[47]巴塞洛缪·沙瑟尼（Bartholomew Chassenée, 1480—1541），法国著名律师，为老鼠打官司而出名。

[48]朱利安·巴恩斯（Julian Barnes, 1946— ），英国作家，2011年以《终结的感觉》获布克文学奖。

[49]原文为*Complete Book of Husbandry*,这里作者似写错书名，菲茨赫伯特所著的书为*Book of Husbandry*，故没有翻译为“全书”。——译注

[50]约翰·奥布里（John Aubrey, 1626—1697），英国古文物收藏家、自然哲学家、作家。

[51]大英博物馆最早的所在地，位于英国的布卢姆斯伯里。——译注

[52]威廉·特纳（William Turner,约1508—1568），英国博物学家、牧师和医生。

[53]约翰·吉尔摩（John Gilmour, 1906—1986），英国植物学家，曾任剑桥大学植物园主任。

[54]威廉·科尔斯（William Coles, 1626—1662），英国植物学家。

[55]朗贝尔·多东斯（Rembert Dodoens, 1517—1585），比利时植物学家和医生。

[56]威廉·塞西尔爵士（William Cecil, 1520—1598），英国政治家，英女王伊丽莎白一世的首席顾问。

[57]托马斯·约翰逊（Thomas Johnson, 1600—1644），英国药剂师和植物学家。

[58]英国城市，位于肯特郡西北部、泰晤士河南岸，有伦敦港大门之称。

[59]坦塔罗斯为宙斯之子，起初深得众神喜爱，后因骄傲自大、侮辱众神，被打入地狱，永远受痛苦折磨。人们以“坦塔罗斯的痛苦”喻指能够看到目标却永远达不到目标的痛苦。

[60]威廉·哈维（William Harvey, 1578—1657），英国医学家、生理学家和胚胎学家。

[61]药衡中指1/8盎司，约合3.88克。——译注

[62]埃莉诺·辛克莱·罗德（Eleanour Sinclair Rohde, 1881—1950），英国园艺史学家、作家和园艺师。

[63]圆颅党为国会知名党派，与保王党对立。——译注

[64]本杰明·伍利（Benjamin Woolley），英国当代作家、媒体记者和电视节目主持人。

[65]文中莎士比亚作品的译文，均摘自朱生豪先生的译本，个别植物名有改动。——译注

[66]英国民间传说中顽皮善良的精灵。——译注

[67]朱生豪先生将它译作“爱懒花”。——译注

[68]英语原文在野蔷薇前面还有一个麝香蔷薇，但朱生豪先生翻译时没有译出。——译注

[69]位于奇尔特恩的一个村庄。——译注

[70]利·亨特（Leigh Hunt, 1784—1859），英国评论家、诗人。

[71]莫莉·马胡德（Molly Mahood），现为英国肯特大学文学教授，著作《作为植物学家的诗人》由剑桥大学出版社于2008年出版。

[72]杰弗里·格里格森（Geoffrey Grigson, 1905—1985），英国诗人、作家、评论家和博物学家。

[73]伊丽莎白·黑尔辛格（Elizabeth Helsinger），现为美国芝加哥大学语言与文学教授。

[74]海尔普斯顿的一棵老山楂树，在圈地运动中被毁。

[75]佩尔·卡尔姆（Pehr Kalm, 1716—1779），瑞典—芬兰探险家、植物学家、博物学家、农业经济学家。

[76]《物种起源》就是在这一时期出版的。——译注

[77]疑为作者笔误，资料显示飓风发生在1987年，而非原文所写的1989年。——译注

[78]艾尔弗雷德·W.克罗斯比（Alfred W. Crosby, 1931— ），美国历史学家，著有《哥伦布大交换》和《生态帝国主义》等。

[79]威廉·杰克逊·胡克爵士（Willam Jackson Hooker, 1785—1865），英国植物学家。

[80]约瑟夫·班克斯爵士（Josepf Banks, 1743—1820），英国植物学家、博物学家。

[81]谢拉德教授指由威廉·谢拉德捐款设立的教授职位，为牛津特有。——译注

[82]约翰·西布索普（John Sibthorp, 1713—1797），英国植物学家。

[83]欧洲贵族子弟进行的一种传统旅行，尤其盛行于18世纪的英国。——译注

[84]乔治·克拉里奇·德鲁斯（George Claridge Druce, 1850—1932），英国植物学家，曾任牛津市市长。

[85]索尔比（Sowerby, 1757—1822），英国植物学家和插画家。

[86]乔瓦尼·巴蒂斯塔·达·科内利亚诺（Cima da Conegliano, 1459—1517），意大利画家。

[87]雷·维克里（Ray Vickery, 1947— ），英国民俗学家和植物学家。

[88]巴特尔·托瓦尔森（Bertel Thorvaldsen, 1770—1844），丹麦雕塑家。

[89]卡斯蒂利亚是位于西班牙的古代王国。——译注

[90]中文译为“青青芳草”，直译应为“蓝草”。——译注

[91]阿萨·格雷（Asa Gray, 1810—1888），被誉为19世纪最重要的美国植物学家。

[92]扬·韦南茨（Jan Wynants, 1632—1684），荷兰画家。

[93]雅各布·范勒伊斯达尔（Jacob van Ruisdael, 1629—1682），荷兰画家。

[94]克罗德·洛兰（Claude Lorrain, 1600—1682），法国巴洛克时期的风景画家。

[95]托马斯·庚斯博罗（Thomas Gainsborough, 1727—1788），英国肖像画家和风景画家。

[96]理查德·威尔逊（Richard Wilson, 1714—1782），英国风景画家。J. M. W.透纳（J. M. W. Turner, 1775—1851），英国著名画家。约翰·林内尔（John Linnell, 1792—1882），英国风景、人物画家和雕刻家。詹姆斯·沃德（James Ward, 1769—1859），英国画家，以画动物为主，也是雕刻家。约翰·康斯特布尔（John Constable, 1776—1837），英国风景画家。埃德温·兰西尔（Edwin Landseer, 1802—1873），英国画家。

[97]乔治·斯塔布斯（George Stubbs, 1724—1806），英国画家，尤以画马出名。

[98]乔治·德梅斯特拉尔（George de Mestral, 1907—1990），瑞士工程师，尼龙搭扣发明人。

[99]珍妮特·马尔科姆（Janet Malcolm, 1934— ），美国作家、摄影家和新闻记者。

[100]理查德·埃夫登（Richard Avedon, 1923—2004），美国摄影家。

[101]威廉·鲁宾森（William Robinson, 1838—1935），爱尔兰园艺家、记者。

[102]悉尼·史密斯（Sydney Smith, 1771—1845），英国智者、作家、牧师。

[103]弗雷德里克·劳·奥姆斯特德（Frederick Law Olmsted, 1822—1903），美国记者、社会评论家、公定遗产管理人和景观设计师。

[104]弗兰克·J.斯科特（Frank J. Scott, 1828—1919），美国园林景观设计师。

[105]华兹华斯（Wordsworth, 1770—1850），英国“湖畔派”诗人。

[106]威廉·奥尔彭（William Orpen, 1878—1931），爱尔兰画家。

[107]比利时城市，德法战争中处于重要的战略位置。——译注

[108]克莱门特·斯考特（Clement Scott, 1841—1904），英国戏剧评论家、剧作家和旅行作家。

[109]作者此处应指第一次世界大战。——译注

[110]指佛兰德战场上为第一次世界大战中牺牲士兵所建的墓园。——译注

[111]约翰·麦克雷（John McCrae, 1872—1918），加拿大诗人、医生、作家、艺术家和士兵。

[112]译文参考了维基百科给出的中文版本。——译注

[113]罗伯特·莫里森（Robert Morison, 1620—1683），苏格兰植物学家和植物分类学家。

[114]汤姆·蒂坦（Tom Tutin, 1908—1987），英国莱斯特大学植物学教授。

[115]罗丝·麦考利（Rose Macaulay, 1881—1958），英国作家，共出版了35部著作。

[116]佩内洛普·菲茨杰拉德（Penelope Fitzgerald, 1916—2000），英国著名小说家，著有《书店》《初春》《天使之门》等9部小说，曾获得布克奖，被誉为英国小说界最优雅独特的声音之一。

[117]弗兰克·斯温纳顿（Frank Swinnerton, 1884—1992），英国小说家、评论家、传记作家和随笔作家。

[118]尤维达尔·普赖斯（Uvedale Price, 1747—1829），英国美学家、市容理论家。

[119]在18世纪英国园林化过程中出现的美学运动。“如画”作为一个美学范畴和美学发现推出，力图在“优美”和“崇高”之间寻找平稳，在18世纪和19世纪的英国文化生活中扮演着重要角色，使诗歌、绘画、园林、建筑等各门艺术熔于一炉。

[120]一种蘑菇。——译注

[121]奈杰尔·尼尔（Nigel Kneale, 1922—2006），英国著名剧作家、影视导演。

[122]约翰·温德姆（John Wyndham, 1903—1969），英国科幻作家。

[123]译文摘自魏惠琴译《三尖树时代》，四川科技出版社出版。——译注

[124]一种攻击能力较强的犬类。——译注

[125]英文为“Heavy Plant Crossing”，也有“此处有茂密植物”的意思。——译注

[126]理查德·杰弗里斯（Richard Jefferies, 1848—1887），英国博物学作家。

[127]肯尼思·格雷厄姆（Kenneth Grahame, 1859—1932），英国儿童文学作家。

[128]此译文摘自赵武平译《柳林风声》，人民文学出版社出版。——译注

[129]尼尔·阿舍森（Neal Ascherson, 1932— ），英国记者、专栏作家。

[130]威尔·塞尔夫（Will Self, 1961— ），英国作家、记者。

[131]艾伦·韦斯曼（Alan Weisman, 1947— ），英国作家、记者。

[132]末世论中，末日来临时活着的基督徒同时被送到天上与基督同在，并将凡体升华为不朽身体。——译注

[133]此译文摘自赵舒静译《没有我们的世界》，上海科学技术文献出版社出版。——译注

[134]朱利恩·坦普尔（Julien Temple, 1953— ），英国电影、纪录片、音乐片导演。

[135]玛丽安娜·诺思（Marianne North, 1830—1890），英国植物学家及植物学插画家。

[136]J. E.特尼森—伍兹（J. E. Tenison-Woods, 1832—1889），澳大利亚植物学家、天主教神父。

[137]假酸浆英文为shoo-flies，直译为“发嘘声赶走苍蝇”。——译注

[138]巴金（Barking）是位于大伦敦东部的地区。

[139]A. O.休谟（A. O. Hume, 1829—1912），植物学家、园艺师和鸟类学家，印度独立运动的领导人之一。

[140]安妮·史蒂文森（Anne Stevenson, 1933— ），英国诗人、作家。

[141]约翰·伊夫林（John Evelyn, 1620—1706），英国作家、乡村绅士和园艺家。

[142]彼得·丹尼尔斯（Peter Daniels），英国当代诗人，现居伦敦。

[143]指可以再次开发利用的废弃工业或商业用地。——译注

[144]城市周边以1几尼价格出售的花园。——译注

[145]卡尔·萨菲纳（Carl Safina, 195— ），美国作家、生态学家，著有《信天翁的眼睛》等六部作品。

BBC RADIO 4
TWEET OF THE DAY
鸟鸣时节
英国鸟类年记
[英国] 布雷特·韦斯特伍德 斯蒂芬·莫斯 著
朱磊 王琦 王惠 译
译林出版社

版权信息

书　　名　鸟鸣时节：英国鸟类年记

作　　者　（英）布雷特·韦斯特伍德 （英）斯蒂芬·莫斯

译　　者　朱磊 王琦 王惠

责任编辑　杨雅婷

出版发行　译林出版社

ISBN　9787544785556

关注我们的微博：@译林出版社

关注我们的微信：yilinpress

意见反馈：@你好小巴鱼

目录
CONTENTS

序言
本书背后的故事
如何使用本书
鸟的鸣声
观鸟简史
开始吧
5月
6月
7月
8月
9月
10月
11月
12月
1月
2月
3月
4月
尾声：大海雀
致谢
扩展阅读及音频材料
注释

序言

《鸟鸣时节》是一本妙趣横生的书，它逐月介绍了与四季紧密关联的鸟类的鸣声、外形及行为。书中还包括相关的历史荟萃和鸟类英文名的由来。观鸟活动正在全球兴起，并且日趋科学、严谨，而了解该活动是如何演进至今的，想必会给参与者增添更多乐趣。

观察鸟类已被证实对我们紧张而忙碌的生活具有安抚和疗愈的作用。我们为鸟类美丽的羽色及羽饰图案而惊叹。时尚设计师们试图去模仿，却始终难以捕捉到这些自然奇迹的神韵。我们还如此羡慕鸟类的飞行能力，工程师们细致地研究了鸟类的空气动力学，进而制造出了第一架螺旋桨飞机，然后是喷气式飞机、直升机、火箭，乃至高速铁路。也许只有那些乘坐热气球或无动力三角翼的人，才最能体验如同鸟儿般翱翔在上升气流之中的自由。但对于绝大多数是在地面用两足行走的我们而言，是鸟类的鸣唱和鸣叫带来了最令人愉悦的感受。鸟类美妙的歌喉，有着几乎无穷无尽的变化、精妙之处、和谐与节奏。

作为一种休闲消遣，观鸟活动在中国还是一个相当新鲜的现象。确实，传统绘画的画家乐于在作品中以程式化的手法呈现一些形态秀美的鸟类，在东方文学里面也能找到一些跟鸟类有关的诗词和民间传说。为欣赏鸟鸣而笼养野鸟则有着更多的拥趸。然而可悲的是，正是所谓的“爱”戕害了我们所爱之物，为了满足人们驯养鸟类的爱好，数以百万计的野鸟死于捕捉和贩卖鸣禽的过程。如今数字化的鸟类鸣声录音易于获取，我们在享受这些天籁之音时，不用再像过去那样付诸残忍的行为。双筒望远镜、鸟类图鉴的涌现，大量的公园和自然保护区，以及更多的闲暇时光，共同促进了中国人日益增强的观鸟、拍鸟热情，还有对中国令人惊艳的乡野和野生动物更为广泛的兴趣。

对于鸟类的痴迷会随着经验和知识的累积而增长。这就像迷药一样，让人永远不知餍足。对本地鸟类的兴趣会使每一次散步都变得更有意义，而前往新地方的每一次旅行也都是一幅巨大拼图的一部分。一本优秀的图鉴或许足以帮助你辨识大多数的本地鸟类，但总是存在着更大的阅读空间。我已经有200多本跟鸟类

相关的书籍，倘若我不是一个手头不济又精打细算的苏格兰人，书的数量还会更多。

那么，为什么一位中国观鸟者要选购一本关于英国鸟类的书呢？嗯，理由如下：尽管中国境内的繁殖鸟类种数是英国的3倍左右，但本书所描述的247种鸟类几乎也都分布在中国，或是与中国的鸟类有着密切的亲缘关系。现代观鸟活动很大程度上发端于19世纪英国博物学家们的观察和著作。当年的这些观察者在对鸟类迁徙一无所知的情况下，认为在冬季大杜鹃会变成雀鹰，燕子会潜入湖中变成鱼。今天在本书中读到这些记述，实在是让人感到有趣。

马敬能

献给我的父母——

安·韦斯特伍德和巴里·韦斯特伍德，

你们给我买了第一副双筒望远镜……以及一辆自行车。

* * *

献给苏珊娜、戴维、詹姆斯、查理、

乔治和黛西·莫斯，

谢谢你们对我的爱和支持。

本书背后的故事

这本书是在赞颂我们自然的伟大奇迹之一——在一年当中，英国鸟类以及它们鸣声的多种多样和美丽动人。这本书以广播四台大获成功的系列节目《鸟鸣时节》为蓝本，该节目自2013年5月开播以来，在广播平台和网络平台上让大量听众收获了欢乐与知识。

该系列由位于布里斯托尔的BBC（英国广播公司）自然史节目组（NHU）制作，目的是展示大约250种英国鸟类的风采。这些鸟类并不全是因为它们的鸣声被选中的，正如自然史广播的执行制作人朱利安·赫克托解释的那样：

> 通过鸟儿的鸣叫和歌声，《鸟鸣时节》邀请听众了解鸟儿的故事。当然，也有一部分内容会关注鸟儿的外貌和行为。但是正如这个系列所呈现的那样，节目还会通过民间传说、艺术、音乐和文学作品，展现鸟类在人类社会与文化中扮演的重要角色。最后，每一集都表现了鸟类对我们和我们日常生活的巨大影响：对很多人来说，它们是激发我们去将自然作为一个整体来了解和热爱的途径。

这个系列受到两方面的启发：一个是传统的，另一个则很现代。

前者是我们国家对鸟类鸣声长久以来的热爱和与它之间的羁绊；后者是异军突起的线上交流媒介，被称作“发推”[1]，它正在成为越来越多人的一种生活方式。我们也知道，仅仅140个字符根本没办法把握住一只鸟的精髓，所以我们转而把时间限定在九十秒以内，这刚好够我们用语言和鸟类鸣声录音传达出简明扼要的物种信息。

挑选哪种鸟来做节目是个大难题。一年到头差不多要做265期，

那么我们就需要大约240种鸟，有的鸟的鸣叫和歌声已经为人熟知，所以还能再播出一期：这些鸟类包括欧歌鸫、大杜鹃和新疆歌鸲。

下一步就是将这些鸟类排到合适的月份，那时候人们最有可能看到和听到它们。不过也不总是这么直截了当，因为大多数英国鸟类是在春季鸣唱，在4月和5月达到顶峰，但在那两个月只能安排40种左右，所以我们必须把大部分鸟类分散到一年里的其他时间中去。

一旦结束漫长而艰苦的讨论，最终绘制出日程表，制作人莎拉·布伦特就会用好几天的时间，编排自然史节目组的音频文档中合适的素材：

> 一开始，我的任务之一就是扛着一袋又一袋录音带，从自然史节目组的音频馆爬上一个又一个台阶，抵达我那位于顶楼的办公室，我在那里听了数以千计的录音带，挑选我们可以用的素材。这当中有来自20世纪50年代的精彩陈年录音，由野生动物录音先驱之一—路德维格·科克所录制。但是这里也有空缺—超多的空缺！于是我们招募了一个超强的野生动物录音师团队—加里·摩尔、杰夫·桑普尔和克里斯·沃森—给他们布置了为这个系列提供录音的艰巨任务，录音要么来自他们自己的音频文档，要么录自野外。

有些我们再熟悉不过的鸟儿，弄起来却出人意料地有难度。鸽子生活在嘈杂的市区里，杰夫·桑普尔发现，想要记录单纯的叫声，而不混入人和交通的背景声，简直无比困难。红腹锦鸡则代表了另外一种挑战，它不常鸣叫，往往在冬末和春季的夜里，在茂密的针叶林深处才叫唤。4月的一个寒冷夜晚，加里·摩尔在扎人的松针间捕捉到它少有记录的求偶叫声。克里斯·沃森周游世界，寻找域外的野生生物，他睡在林肯郡的芦苇荡里时，意外获得一些关于西方秧鸡和文须雀的录音记录：

> 作为一名野生动物录音师，我的工作中最美好的时刻就是戴上耳机，进入那些我们从未接近过的动物的秘密世界。聚精会神地聆听时，芦苇枝干之间窸窸窣窣的响动和咔嗒声变得格外尖锐。我听到远处西方秧鸡的尖叫和水面上骨顶鸡尖厉的警告。这些声音我都听得到，但是从我的角度什么都看不到。最后，没有任何声音预警，它们就过来了。文须雀会靠近，在话筒附近短暂地跳来跳去，用频繁的鸣叫保持联络，然后消失在芦苇丛里。

我们只要搜集到鸟的歌声和鸣叫声，就开始选择会出现在节目中的人声。大卫·爱登堡爵士可以作为5月6日的开场主播，那一天正好是

国际黎明合唱日次日。此后还会有很多耳熟能详的名字出现：米兰达·克列斯托夫尼科夫、米夏埃拉·斯特罗恩、史蒂夫·巴克谢尔、布雷特·韦斯特伍德、克里斯·沃森、马丁·休斯—盖姆斯、凯特·亨布尔、约翰·艾奇逊、比尔·奥迪、克里斯·帕克汉姆。[2]脚本都是由布雷特·韦斯特伍德编写，但是很多主播也分享了自己的想法和经验。对马丁·休斯—盖姆斯来说，寒鸦勾起了久远的童年记忆：

> 在小时候我们有过一只温驯的寒鸦，它受伤了，被我父亲（他是当地的医生）带回来。他给寒鸦包扎好，然后这家伙变得相当多姿多彩，某种程度上也成了诉求颇高的家庭成员，还拥有供它自己玩耍的人造珠宝。它就住在楼下的洗手间里。
>
> 某一年，冬天到了，在我家的旧房子里，我们打算点燃烧木柴的火炉，结果让整栋房子都灌满了烟雾。烟囱清理工来了之后，我们从烟囱里面清理出一大堆（差不多有五大口袋）干树枝。原来寒鸦曾尝试在这里筑巢—真是一项不可思议的大工程！在现在的家中，我给烟囱口装了铁丝罩子，好阻挡寒鸦进入—它们在早春时节总会成双结对而来，试图给整个烟囱填满树枝。

一旦录下脚本，节目就会在BBC布里斯托尔工作室进行混录。莎拉·布伦特制作了前三个月的节目，之后莎拉·皮特接过剩下九个月的工作，189次应对将节目编辑到九十秒之内的挑战：

> 我们和鸟类的关系很特别，这也是《鸟鸣时节》节目做起来让人愉快的原因。不管你身处英国的城市还是乡村，你总是会听到鸟的鸣唱和鸣叫。《鸟鸣时节》的神奇之处在于，我们在野外捕捉到这些声音，邀请听众想象自己站在一个河口，聆听白腰杓鹬哀伤的鸣叫，或者假装自己在林地深处，聆听灰林鸮的二重唱。对我来说，这里面最棒的就是《鸟鸣时节》延续了六十年前BBC在布里斯托尔开创的录制和制作自然史声音的优良传统。搜寻旧的录音或寻找新的声音时，鸟类鸣唱的多样性让人难以置信，因此，能够跟如此多的听众分享这些声音，也是一种荣幸。

然而，《鸟鸣时节》不仅仅关乎英国的鸟类和它们的声音，正如朱利安·赫克托所总结的：

> 在国内很多有影响力的新闻节目播出之前，这是清早第一个广播节目。如今，这个系列为大家忙碌的生活提供了大自然的准点报时。越来越多的人觉得，如果不想失去我们生活中最重要的那些事物，我们就需要改变和自然的关系，我们的生存维系于这个自然。通过让大家暂停九十秒，并提醒自己，我们的生活与周

围的野生动物密不可分，《鸟鸣时节》为人们创造了一个重要的避难所，在这个混乱的世界里，我们依然能够从中体验到快乐和喜悦。

如何使用本书

那么，为什么会有这本书呢？节目的长度意味着，在广播里只能浅尝辄止地介绍每一种鸟，实际上还有很多内容可说。确实，这本书是节目时长的4倍，但是我们希望把广播节目里浓缩了的内容分享到书里。

在本书中，你会发现每种鸟按它们在广播系列里的顺序出现。这并不是野外观鸟指南，所以在这里你不会看到对某种鸟类羽饰或分布的详细描述，也不会看到各种统计学表单。相反，我们试着传递每种鸟至关重要的信息：它的特点，它生活在哪里，尤其是它在野外看起来和听起来是什么样。

在适当的地方，通过民间传说、历史、艺术、音乐、文学和文化，我们还增加了鸟类的生活如何与人类的生活相互交织的故事。卡里·阿克罗伊德美丽动人的插图给我们带来了极大的帮助。

这本书没法成为一本完整的英国鸟类指南。按照英国鸟类学会对野外自然存在的鸟类的定义，“英国鸟类名录”上大约有600种鸟。而本书和广播节目一样，只囊括了其中不到一半的种类。

眼神锐利的读者可能会注意到，某些为人所熟知的鸟类并没有被放在里面，其中包括很多种野鸭，比如凤头潜鸭、针尾鸭、红胸秋沙鸭，以及少数的猛禽，比如白头鹞和乌灰鹞。之所以会有这些疏略，是因为我们的选择受到声音的影响，尽管这些物种很有趣，从其他许多角度来看也确实非常美丽，但鸣声实在不是它们的最强项。

在本系列节目广播的时候，“什么样的鸟才能被称作英国鸟类”这

个话题，成了《广播时报》的读者来信专栏以及后来一些全国性报纸的讨论焦点。有些听众很疑惑，搞不懂为什么节目中会包括他们并不熟悉的“外国”鸟：旅鸟只在春秋两季以少量的个体飞越英国；迷鸟则只在千载难逢的时候于迁徙途中转错弯，才会出现在英国。这种看法忽视了一个令人尴尬的事实—雄性大杜鹃是我们最有名且最具代表性的鸟类之一，它在4月抵达英国，仲夏时节就向南返回非洲，待在英国的时间不到两个月。甚至就连家燕也有半年时间不在这里。

所以，在本书当中，你既会读到刺歌雀，也会看到欧乌鸫、哀鸽和黑水鸡，它们都是我们能够在英国看到和听到的众多鸟类中的成员。但在跟这些鸟类会面之前，我们先简短地介绍鸟类会鸣唱的原因，回顾观鸟的极简历史，并依据个人经历来解释我们如何及为什么会成为观鸟者，以及你该怎样变成观鸟者—假设你“入坑”还不深的话。

附随的第四电台网站上有所涉及的全部鸟类的图片，还提供了重听并下载每期节目的机会。这个网址很受欢迎，也是这本书最好的阅读伴侣。

http://www.bbc.co.uk/radio4/tweetoftheday

鸟的鸣声

鸟类的语言非常古老，而且，就像其他古老的说话方式一样，也非常隐晦。言辞不多，却意味深长。

——吉尔伯特·怀特，1789年

鸟为何鸣唱？

纵观人类历史，我们一直对鸟鸣着迷。再没有别的自然现象有如此强大的力量来俘获我们。这种力量显示于宗教和迷信活动，体现在诗词与歌赋、音乐与传说、历史与文化之中，甚至反映在我们给鸟类所取的名字里。在与自然界的无数次遭遇当中，没有什么能像鸟鸣那样无处不在，也没有什么能像鸟鸣那样激发出人类的情感，包括爱、渴望和失落等等。

然而，对于鸟类本身来说，鸟鸣只是达到目的的一种手段，并非目的本身。有些鸣声在我们听来可能比其他的鸣声更为悦耳。例如，新疆歌鸲或云雀源源不断、变化多端的歌声，比林岩鹨单调乏味的聒噪之声要动听得多。但从鸟类的角度而言，声音悦耳跟这鸣唱是否会产生效果并无关联。唯一重要的是，同一鸟种的其他成员能够听到它，并以预期的方式做出反应。

鸟鸣的非凡之处，在于它具有两种截然不同但又同等重要的功能。一方面，鸟类鸣唱是为了击退参与竞争的雄鸟，阻止它们入侵自己的领域；而另一方面，它们这样做是为了吸引雌性来结对，并最终与发出鸣唱的雄鸟交配，为其传宗接代。

对于鸣唱的鸟儿而言，以下情形最为糟糕：如果不能吸引到配偶，或是让竞争对手捷足先登，那他可能就会在没有繁殖的情况下死去。对于鸣禽来说尤其如此，因为它们大多只能活一到两年。所以这很可能是他传递自身基因的唯一机会，也难怪他会唱得那么卖力，那么坚持不懈。

你会注意到我们用了“他”这个代词，这是因为除了极少数例外，所有鸣唱的鸟儿都是雄性。尽管雄鸟看起来付出了艰辛，但在很多方面雌性才是决定因素。雌鸟会评判自己听到的鸣唱的质量，并以此决定自己是否要倾心于某个特定的雄性，或是另一个。就像在《英国偶像》节目中一样，真正拥有权力的是评委。

唯一的例外是，有些雌鸟也会保卫领域，至少在英国确实如此。拿秋天和冬天的欧亚鸲来说，雌鸟在这时也会发出哀怨而不合季节的鸣唱。但绝大多数情况下是雄鸟在鸣唱，并且只有雄鸟会鸣唱。

鸟类之所以能够发出如此复杂的声音，是因为它们的发声机制与我们完全不同，这也是我们很难准确地模仿鸟类鸣唱的缘由。我们使用声带和喉部，鸟类则有被称为“鸣管”的发声器官，能通过分别控制气管的两侧而同时发出两种声音。

很难解释为什么有的鸟能用这套复杂的机制发出一系列繁复而不寻常的声音，而有的鸟却只能唱出一些简单得多的曲调。为什么雌性叽喳柳莺会对雄鸟相当单调的鸣唱感到高兴，而雌性新疆歌鸲却要求它的潜在伴侣用几十个不同的短句组成一个完整曲调，至今仍是一个谜。

如果你觉得新疆歌鸲的歌声已经够复杂了，那就试着聆听一下褐弯嘴嘲鸫，这种来自北美的鸟类体型和歌鸲差不多大。人们已经发现褐弯嘴嘲鸫有超过2 000种，甚至可能多达3 000种不同的鸣唱声，这是甲壳虫乐队曾经写过的歌曲的10倍。尽管单独的一只雄性褐弯嘴嘲鸫无法唱出如此丰富的歌，但它们每只鸟仍能发出相当多样的声音。

更为奇怪的是，有些完全有能力自主鸣唱的鸟类，却会选择去模仿其他鸟类的声音。紫翅椋鸟是英国最著名的模仿者，它能够模仿许多常见鸟类的叫声，以及汽车警报器和电话铃声。但无可争议的冠军

模仿者是湿地苇莺，每只雄鸟可以模仿多达80种不同的鸣唱声，模仿的对象既有英国的鸟儿，也有生活在非洲东南部越冬地的种类。据我们所知，总体而言，湿地苇莺会模仿200多种不同的鸟类。

这种非凡复杂性背后的理论也适用于像新疆歌鸲这样的鸟类，它会唱出自己歌曲的各种不同的变体。如此高标准的演唱能力是演化中“军备竞赛”的一个意外结果，雌鸟喜欢雄鸟更为多样的鸣唱，所以能发出此类复杂声音的能力也就代代相传了。

什么鸟会鸣唱？

并非所有鸟类都会鸣唱。事实上，世界上1万种左右的鸟类中的多数都不会鸣唱。虽然信天翁、海雀、鹰、鹭、海鸥和雁都能发出独特的声音，但它们并不像我们通常所说的那样“鸣唱”。

那么剩下的呢？世界上另一半的鸟会鸣唱吗？它们中的绝大多数都属于雀形目的鸣禽亚目，我们通常把这些鸟类称为“鸣禽”。从山雀到旋木雀，从莺到鹪鹩，从雀到鹟，这些鸣禽的形状、大小和羽饰各不相同。它们都会发出一系列的音符，时而简单，时而复杂。

但是，如果我们将“鸟鸣”定义为一种习得的声学工具，其用途是保卫领域和吸引配偶，那么，鸣禽之外的其他鸟类也确实会“鸣唱”。鸻鹬类在它们的领域上空炫耀飞行，发出至少同样复杂的声音。潜鸟环绕不绝的鸣叫，鸮类的低沉叫声，鵟的长鸣，更不用说像啄木鸟敲击木头发出的鼓点音这样的非自发性声音，它们的作用都和传统意义上的鸟类鸣唱一样。

其他各种由鸟类发出的声音，通常都被称为“鸣叫”。这是一个比较棘手的领域，究竟什么程度的鸣叫就变成鸣唱了呢？反之亦然。有的叫声的功能很特殊：当附近有捕食者时，欧乌鸫会发出响亮的警报声；夜间归巢时，鹱发出尖叫，试图在喧闹的巢区甄别自己的雏鸟；冬日里，一群山雀发出的联络叫声，使彼此间能够保持联系，也可以提醒同伴哪里有食物。

但有的鸣叫起到的功能在本质上和鸣唱一样。观察银鸥仰起头发出那著名的叫声，让人回想起童年时代在海边度假的情景，观察者也毫不怀疑这只鸥正在划定它的巢区，并警告竞争对手别靠得太近。

在《鸟鸣时节》节目中，我们并不着意区分听到的声音究竟是鸣

唱还是鸣叫。有些时候，这种区分是相当武断的划定，当涉及从文化角度欣赏鸟类发出的声音时尤其明显。但在我们涉及相关内容之前，可能也有必要增加点科学的认知。

鸟何时鸣唱？

简单来说，鸟类在春季鸣唱。对大多数鸟类而言，“繁殖季节”是在春季和夏季，所以在每年的这个时候，唱歌的需要—建立和保卫领域，赢得和留住配偶—确实占据了主导地位。

但在不列颠群岛，天气变幻莫测，季节反复无常，春天是一个更有弹性的概念。因此，槲鸫、欧歌鸫之类的最早的歌者，可能早在1月就开始用鸣唱来保卫领域了，非常暖和的冬天里，它们甚至会在圣诞节之前就开唱。其他本地留鸟将在2月或3月开始歌唱。早归的候鸟，比如叽喳柳莺和黑顶林莺，会在3月到达；但是其他候鸟，比如斑鹟和湿地苇莺，可能要到5月才会到达这里。

情况因为许多鸟类会有两窝或更多窝的后代而变得更为复杂，它们会在6月、7月甚至8月继续鸣唱，以保护自己的领域。正如我们已经看到的，欧亚鸲在秋冬两季也占据领域，所以会从9月一直唱到新年。它们并非孤例，鹪鹩经常在温暖的冬日里放声歌唱，隐居的宽尾树莺也一样，而迁徙的叽喳柳莺则在9月阳光明媚的日子里声如其名般叽叽喳喳地鸣唱。

这或许是有益的一课，它告诉我们，大自然并不总是循规蹈矩。然而我们能确定的是，鸟类鸣唱的高峰期是4月和5月，3月和6月也有些规模稍小的高潮。所以，如果想听到真正壮观的黎明合唱，你需要在5月的前几周起得很早，因为那时几乎所有的候鸟都回来了，而且也正值留鸟鸣唱的高峰期。

在如此长的一段时间里—某些情况下是几周甚至几个月—鸟儿们需要付出惊人的努力。要记住，当一只鸟鸣唱时，它会立刻把自己置于不利的位置：它不能进食，也不能饲喂正在巢中孵卵的配偶，或是后来它那些饥饿的雏鸟。它也可能会面临捕食者的威胁，如果它像云雀那样选择在开阔地鸣唱的话，尤其如此。

另外，鸣唱本身也需要绝对的能量。据计算，如果一只欧歌鸫每天唱几小时简短而重复的乐句，到繁殖季节结束时，一只鸟将会唱出100多万个不同的乐句。这真的很耗体力。鸟儿们是如此专一，这对

我们来说是一件幸事，因为它们的鸣唱在我们身上也产生了巨大的共鸣。

鸣唱对我们有何意义？

中国有句谚语："不鸣则已，一鸣惊人。"无论我们如何研究鸟类鸣唱背后的科学，一个不可避免的事实仍然存在：尽管所有的证据都与之相悖，人在潜意识里依然相信，鸟儿在某种程度上是为了取悦我们而歌唱。

春日清晨，全国各地的大批发烧友会在日出前早早起床，走进树林，聆听据说是世界上最好的免费娱乐节目—"黎明合唱"。甚至有一个国际黎明合唱日会在5月的第一个星期日举行，以纪念这种英国人特有的痴迷。黎明的合唱常被描绘成"管弦乐队的调音"，但这忽略了一个令人不快的事实，那就是每只鸟只会专注于自己物种的鸣唱，而忽略掉其他鸟种。

有关鸟类的最早文字记载之一出现在《旧约·雅歌》当中，它描写了欧斑鸠令人昏昏欲睡的咕咕声。希腊人和罗马人同样对鸟类鸣声着迷。亚里士多德在公元前4世纪就提出幼鸟从父母那里学会了如何鸣唱，但他错误地声称，"有人曾观察到一只新疆歌鸲妈妈给幼鸟上鸣唱课"。老普林尼在公元1世纪写道，他注意到了鸣唱者之间的竞争关系，但像亚里士多德（以及后来的其他许多人）一样，他也认同被误导的一种观念，即唱歌的是雌鸟，而不是雄鸟。

但是古往今来，再没有什么比诗歌更能将鸟鸣与艺术紧密地联系在一起了。这要追溯到亚里士多德之前的古希腊诗人荷马，他的《伊利亚特》和《奥德赛》（可能写于公元前9世纪）中有很多关于鸟类歌唱的描写，其中就包括新疆歌鸲，他称它"在早春唱得甜美"。罗马诗人卡图卢斯专门为莱斯比亚的宠物麻雀写了一首动人的挽歌。

而在英语诗歌中，最早提到鸟类鸣声的是盎格鲁—撒克逊诗歌《航海者》，这首诗的佚名作者（诗歌由鸟类学家、作家和广播节目主持人詹姆斯·费希尔翻译为现代英语）唤起了人们在春天造访喧闹的海鸟栖息地的回忆：

> 在那里我只听到翻腾的大海，
>
> 冰冷的波浪，还有天鹅的歌声。

有一只鲣鸟的聒噪让我着迷

杓鹬的颤音是对人类的讥讽，

三趾鸥的歌唱替代了蜂蜜酒。

那里的暴风雨把岩柱打得粉碎，

羽毛冰冷的燕鸥应和着它们；

白尾海雕时常悲鸣，

羽毛上沾着水雾……

《航海者》在公元1000年才被记载下来，大约是在它被创作出来的三个世纪之后。盎格鲁—撒克逊诗歌的口述传统中包含了这么多有关鸟叫的内容，而不仅仅是鸟的外观，或许并不令人惊讶。

光学设备如此先进的今天让我们很难想起，其实直到最近，人与鸟类的接触主要还是依靠听觉而非视觉。18世纪中期，吉尔伯特·怀特非常乐于通过三种外形相似的“柳莺”的独特鸣叫声，而不是通过羽毛上更细微的差别来识别它们。莎士比亚也喜欢鸟类的鸣声，尽管他错误地认为灰林鸮的“tu-whit, to-whoo”是由同一只鸟发出的，而实际上它是雌雄之间的二重唱。

直到18世纪末和19世纪初，鸟类鸣声才真正成为诗人们关注的焦点。浪漫主义诗人的作品里充满了鸟鸣，例如华兹华斯的《致杜鹃》（“当我躺在草地上时，我听到你不安分的呼喊”）、雪莱的《致云雀》（“向你致敬，快乐的灵魂，你从未是一只鸟”）和济慈的《夜莺颂》：

别了！别了！你哀怨的歌声

流过草坪，越过幽静的溪水，

溜上山坡；而此时，

它正深深埋在附近的溪谷中……[3]

浪漫主义者可能会写一些关于自然的动人故事，但他们所描述的鸟往往是象征性的，而非真实参照。济慈甚至对夜莺都不是特别感兴趣，他的诗实际上是对死亡的复杂思考。而考虑到这首诗是他在伦敦

北部的汉普斯特德所作，不止一位观鸟者已经指出，激发他这首诗灵感的主角可能根本不是一只夜莺，而是一只欧乌鸫或欧歌鸫。

约翰·克莱尔是最了解鸟类的诗人，他对鸟类的描写比其他任何人都更连贯、更富有感染力。克莱尔生于1793年，和济慈是同时代的人，但是他有点瞧不起自己的同辈。他说：“济慈经常以想象中的样子，而非以他亲眼所见的景象来描述自然。”

与浪漫主义者狂热的想象相反，对克莱尔来说，真正地实地观察鸟本身才是关键。这一点在他对鸟类鸣声的描述中体现得最为明显，比如《惊鸟》这首诗：

当巢就在附近时，红尾鸲会告诉这些小男孩，

并对着每一个过路人鸣唱和飞舞。

黄鹀从来都一声不吭，

但是会静静地飞离吵闹的小男孩……

夜莺持续不断地在周围高歌，

但是当巢被发现后，它就悄然离去。

凤头麦鸡边飞边发出“嘁喂”的叫声，

在牧羊人躺下的地方蹦来跳去；

但是只要巢被发现了，它就会停止鸣唱，

竖起它的凤头，然后跑开。

鹪鹩竖起自己的尾巴，大声地啾啾鸣叫和玩耍，

欧亚鸲会发出“嗒”的一声，然后飞走。

有时，他的诗歌节奏似乎模仿了他所写的鸟的声音，比如在《云雀》中：

它们急匆匆地飞上天，快看，云雀在飞，

在它半成形的巢上，用快乐的翅膀

扬着空气，直到它在云里歌唱，

像是在晴朗的天空中挂着的一粒尘埃，

然后急速俯冲，俯冲，直到自己的巢旁边……

云雀的歌声激励了诗人，也激励了音乐家：拉尔夫·沃恩·威廉斯的《云雀高飞》写于20世纪20年代，其灵感来自乔治·梅瑞狄斯的同名诗歌，至今仍很受欢迎。

沃恩·威廉斯并非唯一一位向鸟鸣声寻求灵感的作曲家。在《贝多芬是一位观鸟者吗？》一书中，戴维·特纳思索着贝多芬《第二交响曲》最后乐章的开篇音符是否受到了宽尾树莺爆炸性鸣唱的启发。这并不像听起来那么牵强，因为两者确实有相同的节奏。我们也知道同一作曲家的《第六交响曲（田园）》模仿了各种鸟类的歌声，其中包括大杜鹃、鹌鹑和新疆歌鸲。20世纪的法国作曲家奥利维耶·梅西昂更进了一步，他经常是几乎逐字逐句地将鸟鸣抄录到他的音乐作品中。

鸟鸣不仅仅是古典作曲家的灵感来源。从利昂·雷内的《摇滚罗宾》（后来由迈克尔·杰克逊演唱），到保罗·麦卡特尼1968年的歌曲《黑鸟》（其中收录了欧乌鸫的真实鸣唱片段），鸟鸣在我们的音乐意识中留下了长久的痕迹。当数字广播电台Oneword在2008年关闭时，广播频率是通过播放鸟鸣的录音来保持的，具有讽刺意味的是，鸟鸣比它所取代的节目吸引了更多的观众。

我们如何熟悉鸟鸣？

许多人认为自己是观鸟者，或只是简单地喜欢在后花园里喂鸟，抑或喜欢在乡间散步时看到它们；可一想到自己要仅凭声音来识别鸟类，他们往往就退缩了。然而，学习鸟类的鸣叫和鸣唱并非那么困难。

就像掌握一门外语一样，这也需要时间和精力。正如初学者很快发现他们可以学会一些基本的法语短语，你也很快就能认出比自己想象中更多的鸟。

你可能会惊讶于自己已经知道了这么多。大多数人都能分辨出家麻雀的啁啾声和欧亚鸲的哀怨之歌，或分辨欧乌鸫深沉而有节奏的音调与更为自信且多重复的欧歌鸫之歌。

还有那些你想都不用想就知道的鸣唱和鸣叫声：大杜鹃准确无误的双音节鸣叫，叽喳柳莺欢快的鸣唱，或是三趾鸥回声般的叫声。这三种鸟的英文名就源自它们的叫声。

即使不是很明显，其他许多鸟也有类似的趋势。红嘴山鸦（chough）的叫声是“chow”，如果我们把“chow”和“plough”合并，就会发出“chough”的声音，可能这个名字原本就是这样来的。寒鸦（jackdaw）的叫声是“jack”，而秃鼻乌鸦（rook）、乌鸦（crow）和渡鸦（raven）都发出与它们英文名相近的叫声。你也可以借助这一点来记住鸟的声音：当你知道“雀”（finch）这个词来自苍头燕雀的叫声“pink”时，你就能把这个声音和具体的鸟联系起来了。

其他的记忆方法就不是以鸟名为基础，而是简单地以它的声音为基础了。所以，对于一代代学童来说，大山雀就是“老师鸟”（teacher bird），因为它鸣唱的是切分音“tea-cher, tea-cher”，重音放在了第二个音节上。白鹡鸰在伦敦则被称为“奇西克立交桥”（Chiswick flyover），因为它们飞过头顶时常发出“chis-ick”的叫声。

一旦开始使用记忆法来帮助你学习和记住鸟类的声音，你顿时就会觉得前途无量。你不需要遵循惯例：并不是每个人都认为黄鹀的叫声是“一点面包，不加奶酪”，但如果这能帮助你记住它们的叫声，那就很好了。当你发现芦鹀让你想起无聊的声学工程师，苍头燕雀有板球运动员奔向木球时的节奏，鸫鸫像歌剧演员一样演出，一个全新的观鸟世界就将为你打开。

记住鸟的鸣叫或鸣唱并没有正确或错误的方法，只有适合你的方法。下次再听到这种鸟的声音时，你会惊奇地发现自己是如何毫不犹豫地认出它来的。所以，如果听到了你认为可能是白喉林莺的声音，试着唱一下辣妹组合的热门歌曲《想要》第一节的最后一行吧。这对斯蒂芬来说每次都会奏效，尽管他的观鸟同伴们会投来一些戏谑的目光。

观鸟简史

各种各样的人似乎都在观鸟。那些人当中，就我所知有首相、总统、三个国务卿、打杂的女佣、两名警察、两位国王、两位王室公爵、一位王子、一位公主、一名共产党员、七位工党成员、一位自由党成员和六位保守党议员，一些每周赚90先令的农场工人、一个每小时就能赚到两至三倍钱的富人，至少还有四十六位老师、一名司机、一名邮递员和一名家具商。

——詹姆斯·费希尔《观鸟》（1940年）

王室公爵、三位歌星、女邮递员、园艺师、几名大学讲师、至少三位前保守党内阁大臣、工会领袖、四名喜剧演员（三位健在，一位过世）、一名问答节目主持人、ITV（英国独立电视台）和BBC天气预报员、一个时尚摄影师、一名护士、一位祖母、两个十岁的男孩、《每日星报》的新闻编辑、一个澳大利亚的音乐家、达格南福特公司的一位退休工人。

——斯蒂芬·莫斯

《丛中鸟：观鸟的社会史》（2004年）更新的名单

今天，英国和世界各地成千上万的人都喜欢观鸟。你很难相信，只是在过去的几十年时间里，人们才逐渐有了空闲的时间、资金和意向去参与这项爱好、消遣，或者说有些让人沉迷的活动。

人类在存在的大部分时间里，当然会去观察鸟类，但我们的祖先这么做时，往往是出于一些更为实际的原因。它们好吃吗？如果好吃，容易抓到吗？它们的行为能否至少在短期内帮助预测天气？它们中的某些鸟儿是否按日历上的常规日期返回？如果它们回来了，这是否有助于决定何时种植或收获作物？可以崇拜它们，或者把它们用于其他宗教或迷信仪式吗？

后来，随着文明在古代世界的兴衰更替，我们的祖先对鸟类的兴趣变得更加复杂起来。古希腊和古罗马的哲学家们研究鸟类的行为，并试图将其纳入他们的世界观。然而，假如我们把“观鸟”定义成主要是为了开心而观察鸟类的话，亚里士多德和普林尼虽然仔细观察鸟类，而且常常很敏锐，但依然不是在“观鸟”。

判定谁是“第一位现代观鸟者”，总是存有争议，但是我们的票要投给吉尔伯特·怀特，他是汉普郡郊区塞尔伯恩教区的牧师。怀特的一生跨越了18世纪的大部分时间，在此期间，我们的社会和文化经历了巨大且前所未有的改变，首先是启蒙运动，然后是工业革命。

前者鼓励新的想法，为观察鸟类和其他野生动物奠定了基础，并一直持续至今。而怀特正是这种观察的先驱。后者则为英国社会的全面变革铺平了道路，其中包括大量人口从农村向城市转移，以及新兴“中产阶级”的兴起。这个阶级有时间、金钱和意愿去从事包括观鸟在内的一系列休闲活动。

怀特与其前辈的不同之处在于，尽管科学探索一直是一个重要的动力，但他在乡村教区的小路上漫步时，他的主要目的是发现、观察和欣赏鸟类。当他观察一只鸟的时候，他的激情是非常现代化的，正如他的畅销书《塞尔伯恩自然史》中的选段所示：

> 在这些地方，我所见过最不寻常的鸟是一对在几年前的夏天飞来的戴胜，它们经常在我花园附近的一块地上逗留几个星期。它们常常庄严地走来走去，且边走边吃。

在1793年怀特去世后，其他人开始以同样的方式观察鸟类。其中包括托马斯·比尤伊克，他的两卷本《英国鸟类史》（出版于1797年和1804年）有着工整的版画插图和清晰简洁的文字，可以称得上是第一本“野外指南”。还有约翰·克莱尔，他对北安普敦郡家乡周围鸟类的敏锐观察力，足以与任何现代鸟类学家相媲美。

18世纪末和19世纪初，这些人及其他先驱设法建立起英国所发现鸟类的信息库。它们住在什么地方，它们正式的名称应该是什么？这为19世纪晚期和20世纪早期人们对鸟类和观鸟兴趣的大增奠定了基础。

与此同时，19世纪中期后膛猎枪的发明，对于我们积累鸟类的知识产生了深远的影响。“标本采集”成为口号，维多利亚时代的绅士们成群结队地在黎明出发，把他们能找到的每一只鸟都从天空中打下来。这些不幸的受害者随后被填充、支立起来，作为标本进行展示。

标本采集行为对于了解少见的鸟类—那些从地球上遥远的角落来到我们海岸的迷鸟—有着特别大的影响。除非目标被射中，否则有关它的鉴定和辨识不会被接受，这一习俗催生了一句名言：“击中了的就成历史，错过了的永是谜题。”从现代的角度来看，我们很容易去谴责猎杀稀有和罕见鸟类的行为，但在双筒和单筒望远镜等光学设备出现之前，这往往是确定鸟类身份的唯一途径。

然而，射杀鸟类并非普遍受到欢迎，尤其是为了获得皮张与羽毛来装饰上流社会妇女的帽子和衣服，为了利润和时尚大开杀戒之时。

维多利亚时代，人们对于自然的态度发生了巨大的转变，到19世纪末，对这种肆意屠杀的反击开始了。

鸟类保护协会（即后来的皇家鸟类保护协会）成立于1889年，在接下来的几十年里，“采集”鸟类的做法逐渐让位于单纯地观察它们。即便如此，直到20世纪的第一年，“观鸟”（bird watching）这个英文短语才首次出现，并成为一位名叫埃德蒙·塞卢斯的年轻博物学家所著的一本书的标题。因此，今天我们用以指代这项消遣的词仅有一个世纪的历史。

新一代的“观鸟者”得益于我们如今习以为常的棱镜式双筒望远镜的出现，它是由意大利人伊格纳西奥·波罗在19世纪50年代发明的。德国人卡尔·蔡司则在1894年推出了第一副量产型双筒望远镜，它采用了许多人至今仍在使用的“波罗棱镜”设计。第一次世界大战和第二次世界大战期间，由于士兵们需要看清敌人，双筒望远镜技术得到了极大的发展。确实，如今许多活跃的年长观鸟爱好者都是用淘汰的军用双筒望远镜开始学习鸟类观察技巧的。

20世纪期间，观鸟从英国少数受过良好教育的、富裕的上层阶级男子的专享活动，变成了无论性别、阶级或家庭背景，任何人都可以享受的消遣。导致这种非凡繁荣的变化始于20世纪初的那几十年，当时一些关键机构建立起来，将那些观鸟先驱召集在一起，并让他们能够进一步发展自己的爱好。这些变化包括创办于1907年的月刊《英国鸟类》（它至今仍很畅销），1909年在英国开始的鸟类环志，还有1912年朱利安·赫胥黎率先对鸟类的野外行为进行的科学研究。

在20世纪，人们的视野更为开阔，先是私家车自驾，后来是航空旅行和组团旅游的发展，使得人们能够探索国内外的新地点。大多数英国人的空闲时间也大幅增加。1939年，乔治·奥威尔就写过关于休闲活动的新兴繁荣景象：

> 英国人的另一个特点在于对业余爱好和安排空闲时间的沉迷，它已经成为我们生活的一部分，以至于我们几乎没有注意到它……我们是一个热爱花朵的国家，但也是一个热爱集邮、养鸽、做业余木工、捡便宜折扣、玩飞镖和填字游戏的国家。

第二次世界大战结束后的几十年里，观鸟活动开始进入这个清单的前列。长达六年的战争使英国人更加热衷于充分利用和平时光，许多从战争中幸存下来的人在服役期间得到了前所未有的出国旅行机会，这让他们看到了全球范围内的鸟类。当他们回来后，他们继续在自己比较平淡的家庭环境中观鸟。光学设备的发展和第一批适用的野外指南鼓舞了这些新的观鸟者，这两样装备使得不用杀鸟就可以认鸟变为可能。

还有另一个意想不到的战时遗产：雷达的发明使鸟类学家能够追踪候鸟的大规模迁徙。20世纪50年代和60年代，观察迁徙候鸟的热情成为观鸟的一个主要内容，在我们海岸周围不断扩大的鸟类观察网络足以作为证明。成群结队的人涌向迁徙的热点区域—从北边的费尔岛到南边的锡利群岛—去观察那些罕见及常见的鸟种。

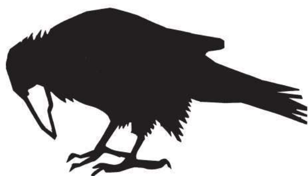
这又引发了被称作“推鸟”（twitching）的活动。媒体故意曲解了“推鸟”这个词，经常把它视作观鸟的同义词。事实上，推鸟是指对罕见鸟类一心一意的追求，其目的在于把它们加到自己的“英国鸟类目击名录”上面。

推鸟的全盛时期是20世纪80年代和90年代，当时电话线路和便携式寻呼机等新技术取得了突破，使推鸟的人对某种罕见鸟类的出现或离开时间能精确掌握到每一分钟。这一点的重要性怎么强调都不过分。三十年前，关于一种罕见鸟类的消息几乎无从泄露，即使有，也常常是经由明信片来传达。

但随着这些新式快速通信手段的出现，上千人可以在非常短的时间内聚集起来，观看一只迷鸟，比如来自北美的金翅虫森莺—它至今仍是英国唯一的一次记录。1989年2月，它在一个不太可能的地方—肯特郡的一家乐购超市停车场里现身。每年还有数以千计的人前往锡利群岛“朝圣”，来自北美、欧洲和西伯利亚的罕见鸟类在每个秋天都会汇聚于此。

推鸟可能不再像过去那么受欢迎了，这也许是因为飞往设得兰群岛的包机机票价格，可以让你在北美待上整整两周，在它们真正生活

的地方看到它们。但仍然有成千上万的推鸟死忠粉。在某些方面，他们就像维多利亚时代的标本收藏家，用数码相机和望远镜来为他们的“收藏”增添一个新种，而非用猎枪。



20世纪下半叶的其他发展还包括以下方面：观鸟比赛，这是一种竞赛性质的观鸟活动，参赛队伍要在二十四小时内看到或听到尽可能多的种类；在当地定点的长期观察，这是一种比推鸟更为环保的热爱，观鸟者在其居住地附近的特定区域持续地观察鸟类；与之相反的则是环球观鸟，即一小群非常富有的人试图看到世界上1万多种鸟类里尽可能多的成员。

对于某些人来说，这可能会变成一种狂热。为他们的世界鸟类目击名录增添一个新种的机会，随着每一次旅行而减少；看到新鸟那一瞬间的兴奋和放松，会立刻被哪里才有机会见到下一个新种的焦虑所替代。

观鸟如今更多以美国英语里的“birding”一词为人所知。幸运的是，这是一个广义上的“教会”，志同道合的人们因对鸟类的热爱而组成了一个全球网络。这一点在虚拟和现实世界中都有体现，网络论坛满足了人们对观鸟方方面面的交流需求，地方性社团和鸟类俱乐部又让大家面对面地聚在一起。

如今，三分之二的英国人在自家的花园里喂鸟，尽管并非每个人都称自己为“观鸟者”，但他们始终是更为广泛的群体的一部分。皇家鸟类保护协会有超过100万的会员，超过50万的人会参加该协会一年

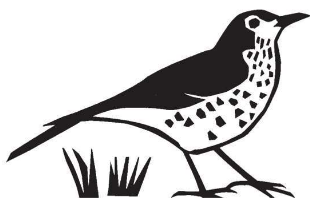
一度的“庭园鸟类观察”活动，这也是世界上规模最大的公民科学项目。一项调查显示，英国有近300万活跃的观鸟者。这有着重要的经济影响：无论在国内还是国外，“野生动物旅游”如今都对当地、地区甚至国家的经济做出重大贡献。

由于观鸟越来越受欢迎，参与的人群也发生了变化。观鸟不再是受过教育的中产阶级白人男子的专利，大量妇女和儿童也经常去观鸟。其他独特的团体包括20世纪90年代中期成立的同性恋观鸟者俱乐部，以及2000年成立的全民观鸟组织（最初为残障人士观鸟协会）。

其他方面的情况也在迅速改变。推动了20世纪观鸟热潮的技术，现在看起来已非常过时。当你可以使用智能手机应用程序在线浏览时，为什么还要带一本笨重的手册去野外呢？事实上，你可以很容易地用数码相机拍下鸟儿的照片，然后等有空的时候再弄清楚它是谁，那为何还要在野外就去费心辨认呢？观鸟者—尤其是年轻的一代—也在使用推特和脸书等社交媒体相互联系，分享他们的观鸟细节。

老手们有时会抱怨年轻的观鸟者“不再做野外记录了”，但实时获取信息的能力在某种程度上使这种做法显得有些多余。互联网还提供了关于观鸟地点最新且准确的信息，使得“鸟点指南”或多或少过时了（而此类书籍本身的历史也还不到半个世纪—约翰·古德尔斯的名作《到哪里看鸟》于1967年才问世）。

科技还对我们观察鸟类的方式产生了其他更为深远的影响。DNA（脱氧核糖核酸）技术的进步表明，鸟类的种类可能比我们想象的要多得多。所谓的“隐存种”看起来几乎一模一样，实际上却有着细微的差异。这将会如何影响到我们观察鸟类的方式，或许还没能得到人们的重视。但是如果已经不能在野外依靠形态特征识别鸟类，我们还需要像维多利亚时代那样去“采集”它们吗？或许，我们对于辨认鸟类本身的痴迷开始减退，而对它的行为和生态学产生更大的兴趣，就像早期观鸟者曾经做的那样。



坏消息是，由于鸟类的家园、食物和栖息地承受着持续的压力，可能没有那么多鸟留给人去观察了。全球气候变化、外来物种入侵、

栖息地丧失、猎杀和污染都是威胁英国乃至全球鸟类种群健康的主要因素。随着世界人口继续以看似不可阻挡的速度增长，并因此对自然资源造成巨大的压力，这种前景确实看起来相当暗淡。

国际鸟盟估计，约有2 000种鸟类（大约占地球上所有已知鸟类的五分之一）的生存正在受到威胁，其中200种将在本世纪末消失，比从1600年到现在的这四百年间记录到的灭绝鸟类还要多。其他研究表明，这个数字可能会更高，在最坏的情况下，到2100年，可能会有多达2 500种鸟类，即世界上四分之一的鸟类走向灭绝。

还是以更积极的讯息来结束本章吧。毫无疑问，观鸟的兴起给数百万人带来了极大的快乐和满足。与自然界的接触已被证明有益于我们的身体、精神、情感和心灵健康。简单来说，观鸟者寿命更长、感觉更好、更享受生活。对于我们这些毕生热爱鸟类和观鸟的人而言，这一点众所周知。正如编写野外指南的先驱和艺术家罗杰·托里·彼得森曾明智指出的那样：

> 事情的真相是，没有我们，鸟儿们也可以生活得很好。但我们许多人—也许是所有人—会发现，没有鸟儿，生活是不完整的，甚至是几乎无法忍受的。

开始吧

你可以知道一种鸟在世界上所有语言里的名字，但当你读完它们以后，对这种鸟还是一无所知……所以让我们看看这只鸟，看看它在做什么，这才是最重要的。我很早就明白，知道某个东西的名字和了解某个东西，是有区别的。

——理查德·费曼

任何人都可以称自己为观鸟者，因为任何人都可以享受到观鸟的乐趣。但是，如果你想充分体验到作为观鸟者的美好，有一些事情是值得了解的。因此，我们试着提炼自己的知识和经验—我们两人的观鸟时间加起来差不多有一个世纪那么长—以便帮助你充分享受这种消遣活动。

我们都出生于1960年，都是从小就开始观鸟。我们这一代是自由放养的孩子，在很小的时候就到户外活动，爬树、挖洞，接触野生动物。

回想起来，这些经历听起来像是出自伊妮德·布莱顿[4]的小说，但我们俩都不住在乡村田园。事实上，两人都是在郊区长大的，布雷特在西米德兰兹郡的边缘，而斯蒂芬在伦敦的西郊。因此，就像肯尼思·奥尔索普[5]那令人难忘的描述，我们在“既不是城镇也不是乡村的接合部”。我们在花园和家周围观察鸟类，布雷特是在北伍斯特郡的农田，斯蒂芬则是在米德尔塞克斯的砾石坑和水库。英国各地的家庭假期使我们开阔了视野，发现了更广阔的英国鸟类生活和它们的栖息地。

正如布雷特所回忆的：

对我来说，第一次意识到野外指南中描绘得如此美丽的鸟儿是真实存在的，其实就是在花园大门的外面。那时我十五岁，得到了一副被当作生日礼物的破旧双筒望远镜。1975年4月5日，在位于哈格利的家附近的小路上，我第一次骑着自行车春游，惊讶地看到成群结队的田鸫和白眉歌鸫。在出发去往斯堪的纳维亚之前，它们在田野里漫游，亲切地左右跳动着，看起来就跟野外指南上画的一样。它们不是青山雀或欧亚鸲那样气定神闲的花园常驻客，给什么就吃什么。这些机警而棱角分明的鸫野性十足，它们是来自异国他乡的凶猛的毛虫杀手，即将到来的远行和身上奇特的纹路，使它们具有不可抗拒的吸引力。

第二天，鸫们就走了，但在同一块地里，出现了两只红腿石鸡。石鸡身上的纹路非常独特，又充满异域风情，简直像是从中国挂毯中跳出来的生物。我不敢相信这些带着老虎条纹的鸟就在自家门口生活繁殖。从那天起，我就被吸引住了。

对于斯蒂芬来说，一些特别的闪光点也会留在他的记忆里：

和布雷特一样，白眉歌鸫在我童年的记忆中也很重要。我第一次看到它是在八九岁的时候，当时我骑着自行车和朋友们玩，它就在我家附近的草地边上。当我跟着一队初中生，沿着当地的砾石坑散步时，我的第一只凤头□□安详地从我身边划过。最特别的是我的第一只赤鸢，那可是一只罕见的鸟。我们在威尔士中部的山谷里搜寻了漫长而令人沮丧的三天之后，它从我们的头顶高高飞过。

我们都来自对于鸟类或野生动物没有明显兴趣的家庭。布雷特的父母一直在忍耐，他们要容忍家中出现的一系列爬行动物和两栖动物，其中包括一条蟒蛇，一度还有布雷特暂时养起来的一条蝰蛇。而斯蒂芬的母亲—一位溺爱着自己唯一孩子的单亲母亲，带着他周游英国，到最好的地方去看没见过的鸟类，这样鼓励了他的兴趣，但她自己并没有真正养成这一爱好。

那个时候，观鸟并不像现在这样流行或成主流。在学校里，我们都通过结交志同道合的伙伴而受益，他们帮助我们培养和分享兴趣，并防止它像在许多年轻观鸟者身上发生过的那样消失。在布雷特的学校，由比尔·奥迪创立的鸟类协会帮助他把兴趣集中在观鸟的各个方面，特别是辨识鸟类和到令人兴奋的新地方旅行。斯蒂芬上文法学校的第一天，他坐在丹尼尔旁边，结果发现丹尼尔是那儿唯一的另一个“鸟人”：

> 丹尼尔的家人或多或少收养了我，在学校放假的时候带我们去全国各地，包括诺福克北部一些令人难忘的地方。在那里我们看到了成群的雪鹀，清晨散步时，在一丛荆棘上偶然发现了一只罕见的灰伯劳。十几岁的时候，我们就开始了自己的旅行，骑行于英格兰南部的新森林和邓杰内斯。在那里我们看到了更新奇、更奇妙的鸟，包括楔尾鸥、毛脚𫛭和火冠戴菊。丹尼尔和我到现在还很要好。

我们有许多深刻而特别的回忆，不仅仅与鸟有关，还与去过的地方和遇到的人有关。因为观鸟不仅仅是关乎鸟本身：它是一种生活方式，是一种与人类及自然世界发生联系的方式。我们都很幸运，能够把爱好变成工作。布雷特是一位电台制作人、主持人和作家，斯蒂芬则成了一位作家和电视制片人。

如果刚接触鸟类和观鸟，你可能会望而生畏。你可能觉得需要一下子学习所有的东西，但我们毕竟可以尝试，从错误中吸取教训，通过多年的实践获取经验和专业知识。

这听起来像是陈词滥调，但是对鸟类和野生动物的整体了解越多，你就越会发觉自己很无知。这也是博物学的一大乐趣，我们总会有事可做，总会有新的体验。它实际上可以归结为两点：在野外亲自

看到和听到鸟儿；抱有一种探究的心态，对你自己看到的和别人告诉你的事物心存好奇。

到目前为止，了解鸟类最好的方式—也是令人满意和愉快的方式—是在当地找出一块“自留地”。理想情况下，你从家出发，步行、骑车或开车几分钟就能到达这里。它包含一系列的微生境，最好能包括一些水体，麻雀虽小，五脏俱全，而且在一个小时或更短的时间内就能走完。这样一来，你就可以短暂且频繁地造访该地点，以此来了解生活在那里的鸟儿，特别是它们一周又一周、一季又一季、一年又一年所经历的变化。

斯蒂芬在三十多岁时，观鸟也已超过三十年了，他发现有两个地点改变了自己观鸟的方式：

> 朗斯代尔路水库是位于伦敦西南部泰晤士河畔的一个不起眼的小型自然保护区，而肯普顿公园自然保护区则位于其西边几英里之外。在几年的时间里，我每周都会去这两个地方几次。渐渐地，我发现自己越来越能体会到大自然微妙的韵律。从沙燕、家燕等候鸟的来来往往，到更为熟悉的那些留鸟，包括在此繁殖的凤头麦鸡和金眶鸻，都能反映出季节的变化。正是在那个时期，我第一次意识到，常见鸟和罕见种同样令人兴奋。作为一名“自留地”观察员，我总是为春天里出现的第一只欧柳莺感到兴奋，而不会那么期盼和一群推鸟痴一起跋涉数百英里，去看些鲜为人知的少见鸟类。

几年前，斯蒂芬和他的家人搬到了萨默塞特平原，那里是鸟类和其他野生动物的天堂。他住的地方离阿瓦隆沼泽不远，这片沼泽是一大片重新恢复的湿地，有各种各样的鸟类，其中包括新迁来的令人兴奋的大白鹭和大麻鳽。但令他惊讶的是，他发现了一小块非常不同的“自留地”，它离他家还很近：

2010年，我决定花一整年的时间来观察、欣赏和记录所在乡村教区里的鸟类和其他野生动物。我特意选择了这里，因为自己每天都可以在这里感受大自然—无论是在自家的花园里，还是在村庄和周围纵横交错的小路上散步、骑自行车。另一个原因是我知道这里没有什么稀有或不寻常的生物，这迫使我更加仔细地观察这些常见和熟悉的物种，以及它们在日常生活中都做些什么。

我把自己的经历写进了《野兔与蜂鸟》一书，这本书特意映射了英语世界里最为著名的自然文学作品—吉尔伯特·怀特的《塞尔伯恩自然史》。相比于将网撒得更开更广，将注意力集中在家门口的动物身上，帮助我更多地了解大自然的运作方式。这也印证了我长期以来的一个观念：要想了解全世界，你需要先关注本地。无论你所在的地方有多小或多么朴素，它都是整体的重要组成部分。

斯蒂芬花了八年的时间来了解他的教区及周边的野生动物，但与布雷特相比，他还只是个初学者。布雷特花了半辈子来了解他所在的地方：

我花了近四十年的时间，观察西米德兰兹郡城市圈最西南角的一块长约3千米、宽约2千米的矩形乡间土地。这里大部分是不知道属于谁家的农田，只有几片矮树林，还有一段让充满淤泥的斯陶尔河相形见绌的斯塔福德郡—伍斯特郡运河，外加两个小池塘。那段时间里，我在这个对罕见鸟没太大吸引力的地方，见过144种鸟类。在这儿，芦苇莺比苍鹰更引人注目。

最初我是被污水吸引到那里的。直到20世纪80年代，当地的污水处理场还在大片土地上广泛排放泥浆。这不仅引来了无脊椎动物，而且在寒冷的天气里，温度使得地面不会结冰。这样的组合对于越冬的鸻鹬类来说极富吸引力，作为一名年轻的观鸟者，我很快就被250只扇尾沙锥和几乎同样多的白腰杓鹬给迷住了。它们都在地里忙碌地探寻蚯蚓和蠕虫。

在1979年那个非常严酷的冬季，有一块泥地吸引了二十一只赤颈鸭、一只针尾鸭和一只粉脚雁，这些鸟类在这个区域很少见。1976年2月的一天，当我还是个初学者时，两只羽色浅淡、风度翩翩的鹬在一个牲畜食槽附近游荡。这引起了我的注意，我急忙去找野外指南。出人意料的是，它们看起来像是鹤鹬，即使是天气最好的时候，这种鸟在这儿也十分罕见，更别提是在西米德兰兹郡的冬天了。知道这一发现的人对此深表怀疑，当然无可厚非；但鹤鹬出现了，并且我在这里见到了它们，这更加巩固了我与这个非凡地点的联系。这两只鹤鹬是我第一次亲自找出来的罕见鸟类，我不仅认出它们，还把观察记录正式发表了。这样的经历，用现在的话来讲就是“获得了力量的源泉”。

受到自己发现的鼓励，我源源不断地给西米德兰兹郡鸟类俱乐部提交记录。俱乐部的鸟类年报也让我知道了应该期待什么，以及当地值得关注的种类。渐渐地，“自留地”里记录到的鸟类总数开始增加。

这里有一些令人兴奋和感到意外的时刻。4月的一个早晨，一只高山雨燕在下游飞舞。白头鹞和鹃头蜂鹰也现身了。曾有三只来自斯堪的纳维亚的小鸥出现在一片种植鸡饲料作物的田地里，吸引了从伦敦远道而来的推鸟人。

但这跟追求罕见种类关系不大。“深耕自留地”的兴奋之处在于，通过多年间的记录，你不仅可以见证所选区域的变化，还能记载遍及英国的改变。因此，通过我的笔记，我现在仍能重温第一次看到渡鸦和欧亚鵟的那一刻，它们是在经历了几个世纪的迫害之后，重新回到了英国低海拔地区。笔记中也有我为欧斑鸠写下的最后一条记录，不过当时我并不清楚这一点；如今这种鸟已从英国的大部分地区消失了。

你也能学会如何与失去相处。我刚开始观鸟时，有一条特别的路线将我引到了一条绿色的小径上。春天，灰山鹑在那里吱吱作响，凤头麦鸡则四处跌跌撞撞。夏天，绿篱中充满黍鹀的喧闹声和麻雀的喳喳声。以前我对这些鸟都很熟悉，也将它们当作理

所当然的存在，但是现在这些繁殖鸟类已经非常罕见或消失了。20世纪80年代，林鹨、草原石䳭和林柳莺都很常见，但它们在世纪之交就消失了。然而，从好的方面来说，燕隼、雀鹰和鸬鹚增加了。如今至少每年都会见到赤鸢从头顶飞过，这在四十年前是不可想象的。随着这些鸟类的出现，新的昆虫也来了，而在20世纪70年代还不为人知的艾鼬现在也很常见了。

造访“自留地”的最大好处是让你真正了解一个地方。每年春天，第一片白屈菜叶子在这里破土而出，穗䳭也在马场上追逐昆虫，小路上的拐弯处让你注意到赤狐身上散发出的麝香气味。这是将我们从人为强加的节奏中释放出来，从而使我们融入自然的模式。当这一切发生时，它将成为一种启示。你对于季节的感知会被一些自然事件重新定义，比如夏候鸟和冬候鸟的到来、鸟类的鸣唱和昆虫的嗡鸣。为什么那些长着黑嘴的欧乌鸫在深秋变得如此显眼？那些大杜鹃都去往何处？为什么有些年份会更容易看到仓鸮呢？

当然，也会有安静的日子。但是你看到的或见不到的越多，引发的问题就会越多，好奇心也会随之增长。

在如此亲密的基础上了解鸟类和其他野生动物—无论是在你的“自留地”，还是在自家后花园—的的确确会让你以不同的方式看待它们。这不再仅仅是识别或在名录上勾选鸟的名字了。真正令人激动的是发现托马斯·哈代所说的“萌芽与生长的原始冲动”，发现那些让你的“自留地”生机盎然的东西。看到鸟儿自由自在地做它们自己，看到一只从蕨类植物下飞出的丘鹬，或是在4月的雨后鸣唱的欧柳莺，也是一种纯粹的快乐。有些东西就是无价之宝。

如果说鸟类是特别的，那就太过轻描淡写了。对于我们，以及其他成千上万的生命而言，它们就是地球运转的动力。诗人泰德·休斯的诗句描绘了每年春天都会飞回我们家园上方天空的普通楼燕：

它们又成功了，

这意味着地球还在转动……

愿鸟儿总能给我们带来生机、鼓舞和欢乐。

布雷特·韦斯特伍德和斯蒂芬·莫斯

2014年3月

5月

大杜鹃

普通楼燕

林柳莺

斑姬鹟

新疆歌鸲

庭园林莺

黑顶林莺

苍鹭

波纹林莺

欧鸬鹚

芦鹀

中杓鹬

欧金翅雀

白眉鸭

红脚鹬

斑胸田鸡

崖海鸦

暴风海燕

水蒲苇莺

扫码欣赏图片和鸟鸣

引子

询问任何博物学家对5月的想法，他们都会告诉你，要是这个月的时长能够加倍就好了。在地处温带、季节匆匆更替的不列颠群岛，5月宝贵的三十一天里塞满了繁殖、育雏、觅食和鸣唱，令人目不暇接，也很难知道该从哪儿开始聆听。

像莺类和鹟类这样新迁来的候鸟，都在留居的山雀、欧乌鸫和鸫类持续不断的合唱中吵闹着，希望引起注意。5月正是我们所有的夏候鸟已经到来或开始繁殖的月份。此时也是跟我们显眼的老友重逢的日子，比如如期而至、喧闹地掠过城市上空的普通楼燕。这也是了解鸟类鸣唱的一个良机：那究竟是刚从西非迁来的庭园林莺，还是仅仅是一只歌声格外优美的黑顶林莺呢？这同时也是在城市花园和乡间绿篱中欢庆繁殖周期高潮的时刻，整个英国境内数以几十亿计的昆虫正被喂到百万只雏鸟嘴里。

5月会提供奇妙的小品和令人难忘的场景，还有一次性且永不重复的特别优惠。从4月开始，林地间的风铃草从星星点点变成了无处不在。在它们蔓延的池塘上方，苔绿色的林柳莺兴奋地歌唱，而在舒展开的树叶间的光柱里，斑姬鹟在枝头间飞舞，欧亚红尾鸲抖动着火红的尾部。

在塞文河与亨伯河之间的地带的南边及东边，新疆歌鸲在修剪过的灌木和黑刺李丛里面选择了舞台中心。它即便不是最好的歌者，也是一流的歌者。在5月的一个宁静的夜晚，伴着山楂花香和渐熄的灯

光中忽隐忽现的蝙蝠，聆听歌鸲连绵不绝的鸣唱，是一种令人赞叹而又难忘的经历。给人留下深刻印象的不仅是水晶般清澈的音质，正如作家和鉴赏歌鸲的行家H.E.贝茨所言，音节间的停顿也“有一种激情，一种令人窒息而又克制的感觉”。

5月是体验我们丰富多彩的鸟类鸣声的一个月。作为野生动物录音师中的元老，克里斯·沃森为本节目贡献了大量的录音，他相信我们林地中的黎明合唱是世界上最动听的。将国际黎明合唱日定在5月的第一个周日绝非偶然，这一天，英国各地的人们会在破晓前三三两两地聚集起来，见证这一非凡的自然事件。

然而5月也并非只与林地和森林有关。此时全英国农田里的绿篱被还没过度修剪的乳白色峨参所包围，灰白喉林莺会从这里腾空而起，并在半空中发出沙哑的鸣唱。

在更为茂盛的、布满荆棘的绿篱中，白喉林莺正发出短促的高音。大杜鹃此时也最为活跃。运气好的话，你能见到一只停在树顶的大杜鹃，它一边扫视四周，找寻雌鸟或敌对的雄鸟，一边左右摇摆着长长的尾羽。大杜鹃是沼泽和芦苇荡的常客，这些地方满是芦苇莺等候鸟，而它们的巢正是杜鹃产卵寄生的场所。如果运气真的足够好，在夜里造访同一片沼泽的时候，你可能会听到隐身于黑暗中的斑胸田鸡发出响鞭似的叫声。

上面提到的鸟类都是候鸟，而5月间很多最为常见的留鸟在巢中已经有了卵或雏鸟。但它们也没有停止歌唱，你仍能听到很多欧歌鸫、槲鸫和欧乌鸫在宣示领域。有些鸟儿已经抚育完第一窝雏鸟，到了本月末，北长尾山雀幼鸟就已离开它们那由羽毛和地衣筑成的球状巢，像会飞的蝌蚪般在我们的庭院里穿行，一边移动，一边轻柔地叽叽喳喳，互相呼唤。灰林鸮同样很早繁殖，仍带着毛乎乎的绒羽的幼鸮已经离巢，夜里它们蹲坐在树枝上，发出响亮的呼哧声，不断向父母乞食。海岸边的悬崖上，欧鸬鹚、三趾鸥和海雀们熙熙攘攘，正在孵卵，或是将它们的第一只雏鸟带入这令人目眩神迷的世界。

尽管5月里充斥着繁殖活动，很多鸟却仍在迁徙的路上。海边和内陆的沼泽里，向北进发的鸻鹬类持续出现，在去冰岛或斯堪的纳维亚的途中，它们要在跨海之前补充能量。包括林鹬、红颈瓣蹼鹬和鹤鹬在内，所有这些在北极繁殖的鸟通常会在此逗留一两天，等待北方昆虫种群大量出现。英国境内几乎没有比5月更为繁忙的时节了，动物们从冬日的萧瑟中复苏，所有的喜悦与烦恼都在此时全面绽放。

大杜鹃

大杜鹃的声音绝对不可能听错。一听到这种鼓点般的双音节鸣叫，你就立刻明白我们最著名的暑期访客—大杜鹃回来了。然而，想要找到大杜鹃并非易事，尽管体型很大，但它异常害羞，而且它的叫声传得也比想象的要远。当大杜鹃在春日里唱着它那首著名的曲子时，你循声找去，最终只能匆匆瞥见一只长翅长尾的铁灰色鸟儿，它与众不同地伏低身子，呈水平状，在枝间前后跳跃。

大杜鹃就是个悖论。很少有别的鸟会像它这样，让人耳熟能详却又难得一见。大杜鹃差不多跟犬蔷薇、峨参一样是英国乡间的标志。在我们的文化中，它的出现也就意味着夏天的来临。

13世纪的一首佚名古诗的首句“杜鹃啼时夏方至”，便是大杜鹃及这种习性隐秘的鸟类独有的鸣声在我们传统文化中地位的证明。无怪乎威廉·华兹华斯曾经写道：“我应该称你为鸟，还是回荡徘徊的鸣叫？”

大杜鹃也确实称得上是长途迁徙的流浪者。它们每年会在遥远的非洲待上半年以上的时间，只在夏季短暂地拜访英国。事实上，直到不久前，它们的越冬地，以及它们前往那里的漫长旅程，仍然是一个谜团。

如今的技术，即佩戴在大杜鹃身上的微型追踪设备，让科学家们可以记录大杜鹃向南迁徙飞过欧洲后的轨迹。它们会穿越地中海，飞越浩瀚的撒哈拉沙漠，一路飞到非洲赤道附近那些茂密的热带雨林，并在那里度过整个冬天。

先民们认为每到秋天大杜鹃就会变成雀鹰，这猛地听起来似乎有些奇怪。但古人的观点并非完全没有根据，大杜鹃和雀鹰的体型大小几乎一样，它们都有着灰色的羽毛，胸腹部也都有横纹，并且尾巴都很长。它们的飞行姿态也相似，都是沿直线低飞。

在非洲热带雨林里度冬天以后，迁徙的本能驱使着大杜鹃一路北飞。它们在4月中旬返回英国，成为春回大地的一个令人欣喜的迹象。每逢此时，我们的先民会举行一个“杜鹃集市”来庆祝它们的到来，但如今由于它们的数量快速减少（尤其是在英国的南方），这样的庆祝活动已经难以开展。过去还有一项长期沿袭的风俗—在听到每年的第一声杜鹃鸣叫后写信告诉《泰晤士报》。而今天该风俗也式微了，因为很多人根本就没有听过杜鹃的叫声。

尽管大杜鹃的数量在下降，但大部分人还算熟悉雄鸟的鸣声，然而又有几人听过雌大杜鹃的叫声呢？那是一种连续不断的“汩汩汩汩”的声音，有时就像是“洗澡水从出水口里咕噜咕噜流出的动静”。

雌杜鹃以将卵产在体型较小的鸣禽巢里而著称。在英国，芦苇莺、草地鹨和林岩鹨是它们的主要宿主。大约一个世纪前，影片拍摄先驱奥利弗·派克和埃德加·钱斯成功拍到了大杜鹃将卵产在草地鹨巢里的独家片段，他们还揭示出一只雌大杜鹃在一个繁殖季可产多达25枚的卵，当然，每个宿主的巢里只会有1枚。

大杜鹃的雏鸟孵出时浑身赤裸，又睁不开眼，但靠着本能的驱使，它还是会努力把巢里其他的鸟卵或雏鸟顶到巢外。它能够模仿宿主雏鸟的声音，并且用响亮得多的音量向毫不知情的养父母乞食。到了能够飞翔的时候，它的体型已经变得非常巨大，宿主鸟巢没法完全装下它，看上去像是杜鹃身下点缀着小小的鸟巢，而不是它蹲坐在巢中。

之后最不同寻常的事情发生了。尽管从未见过自己的亲生父母，那些刚刚羽翼丰满的幼鸟立刻就踏上4 000英里[6]的迁徙长路，直接飞向非洲的腹地。

普通楼燕

年复一年，在4月最后一周或5月第一周的某个时候，城市的居民会骤然发现，春天已然就位，夏日也将临近。普通楼燕—我们最为引人注目的都市移民回到了城里。

也许你最先是通过声音发现它们的：那是擦过屋顶、充满魔性的尖锐高音。之后你会看到它们，在春日的天空中，它们黝黑的身形如锚，好似微型火箭在空中迅驰飞舞，仿佛要刺破苍穹，直达天国。

普通楼燕是终极的飞行家，那镰刀形的两翼配合雪茄形的身躯，让它们的飞行能力登峰造极。想想吧，这些鸟一生中绝大部分时间都生活在空中，进食、交配，甚至睡觉都是在飞行中完成。相对于我们这些难以脱离地面的人类，它们高高在上。

在繁育后代的时候，普通楼燕才会着陆。它们会在建筑物屋檐下寻找缝隙，然后用草、树叶和羽毛搭一个浅浅的杯状巢。所有的建材都是它们展翼飞行时在空中集聚起来的，它们利用唾液把这些材料粘在一起，搭成燕巢。此后，雌鸟便会在巢里产下2到3枚卵。

为了哺育雏鸟，一对普通楼燕亲鸟需要每天飞行800千米，它们像拉网似的在空中一遍遍筛过，捕捉一切可以遇到的小飞虫和小蜘蛛。每次捉到猎物，它们就把食物暂存在喉囊里，形成一个药丸般的食球。

每逢大雨将至，很难找到昆虫这样的食物时，普通楼燕会飞到积雨云的边缘。这时它们往往会离巢几天，直到天气好转才能归巢。在此期间，雏鸟会展现出不同寻常的能力，它们降低自身的代谢速率，从而进入一种休眠状态，直至父母最终带回食物。

大约五到八周以后，雏鸟羽翼丰满，准备离巢了。它们一头扎进未知的世界，往往连续飞行十八个月都不落地。在这段时间里，它们会去一趟非洲再回来。在普通楼燕的一生里—通常是九年的光阴—它们飞行的里程可高达150万英里。

春天楼燕姗姗来迟，夏季它们又总是早早离开。每年8月上旬，成年楼燕就开始南飞。第一年的幼鸟紧随其后。当欧洲大地进入秋冬时，普通楼燕则正翱翔在非洲的天空中。冬去春来，它们会带着那些热带的气息再一次回到我们身边。

林柳莺

“硬币在大理石板上高速旋转”，“甜美的颤音”，“一波波珍珠溅落在珍珠海岸上”，所有这些修辞都是在形容一种最令人难忘而又悦耳的鸟鸣——林柳莺的歌声。

这歌声吸引着我们西行，来到威尔士、苏格兰和英格兰西部的橡树与桦树林里。在那里才能见到这种身披柠檬黄和石灰白羽衣的小精灵，这是春日里归来的最受我们欢迎的候鸟之一。

林柳莺是在英国繁殖的三种柳莺当中最大的一种，另外两种是我们更为熟悉的欧柳莺和叽喳柳莺。它们长得很像，难以区分。18世纪晚期，吉尔伯特·怀特在汉普郡乡下写下林柳莺发出“呲呲的、颤动的噪声”。显然，他当时并没有能够真正分辨出山毛榉林中鸣叫的神秘小鸟具体是哪种。

林柳莺的羽色混合了苔藓的碧绿、初雪的洁白和柑橘的橙黄。当它一头扎进春天刚刚发出新叶的树林时，这种颜色搭配便成了最好的伪装。即使循声找去，在新叶如水的阴影下也不容易发现它们。但仔细观察，你就能在雄鸟鸣唱时找到它。为了发出悦耳的颤音，它努力得浑身都在颤抖，几乎要嘶嘶地冒泡了。如果这还不够，那么接下来就是一阵清脆的、哀怨的“piu, piu, piu”，仿佛是在哀悼某个不为人知的逝者。

尽管林柳莺站在高高的树上歌唱，它们却用草和枯叶把巢建在树林的地面上。这样的鸟巢很容易遭到捕食者的侵袭。研究表明，当雄柳莺找到潜在的筑巢点时，它们不只是站在高高的栖枝上尽情鸣唱，还会仔细观察地面上哺乳动物的活动痕迹。如果附近有很多的捕食者，它们很快就会飞走，去找寻风险更小的地方繁殖下一代。

斑姬鹟

斑姬鹟是英国西部橡树林中的三重奏成员（另外两个则是林柳莺和欧亚红尾鸲），它吟唱着迎接在夏季访问英国西部的宾客。这里的森林古老而庄严，笼罩着山岭，遮蔽着幽涧。斑姬鹟的歌声轻快明亮，旋律优美，和那覆着地衣的树枝、长了树瘤的主干、盖满苔藓的卵石、跌宕错落的山涧一起组成了一幅风景画。

4月中旬到下旬，雄性斑姬鹟经过长长的旅行，从西非森林里的越冬地回到这里。一旦抵达，它就在自己的森林领地上选好位置，站立在树冠上唱起那轻快的琶音。在斑斑点点的阳光照射下，它轻轻弹击着翅膀和尾巴，身上的羽毛显得更加斑驳。

在两首曲子之间，它会突然飞到空中，用力咬住飞过的昆虫，鸟喙发出清脆的撞击声。吃饱了，它才有足够的力气继续为潜在的配偶唱小夜曲，也能赶跑前来竞争的情敌。

和青山雀、大山雀那样的林鸟一样，斑姬鹟也把巢筑在树洞里。一旦在树上找到了一个合适的树洞，雄鸟就会在新家飞进飞出，它让白色的翅斑上下翻飞，以此向褐色和白色相间的雌鸟宣传自己选定的家宅。

斑姬鹟乐意选择现成的鸟巢，在有些地方，人造巢箱计划已经帮助它们提高了种群数量。不过，总体而言，斑姬鹟的数量在近些年来

下降了四分之一到一半。这不仅是因为它们在非洲越冬时的栖息地正在丧失，还因为我们这里连续经历了几个潮湿的夏季，亲鸟就算费尽周折也不易满足饥饿的雏鸟的需求。即便如此，5月间漫步在西部光影斑驳的橡树林里，观察和聆听这种鸣禽里最有魅力的代表之一，仍会让一切都充满生机。

新疆歌鸲

先想象一个爵士乐手即兴演奏的场景，接着再想象他能够演奏五六种不同的乐器，不是一样接一样，而是几乎同时演奏。他无比轻松地在不同乐器和不同曲风之间切换，都不停一下喘口气。你若能构想出这样的场景来，离领略新疆歌鸲那无与伦比的歌声也就相去不远了。

优美、纯洁而纯粹的乐感，为新疆歌鸲赢得了鸟类交响乐团首席乐手的位置。其他任何鸟类，包括欧歌鸫、欧乌鸫，甚至云雀，都不能像它那样如此高亢而持久地歌唱，曲调还如此多变，有时甚至有些诡异。新疆歌鸲跟很多深藏不露的美声歌唱家一样，看起来相貌平平。它是一种羽色相当单调的黄褐色小鸟，红褐色的尾巴时常上翘，与身体形成一定的角度。

我们不难看出—或者说听出—新疆歌鸲为何能启发这么多的文学和音乐作品，并承载这么多的象征意义。这是济慈笔下的“不死鸟”，也是约瑟夫·沃顿笔下的“夜晚的女歌者”。它们还一度被认为是在将自己的身体刺入荆棘后才发出鸣唱，依据浪漫主义的解读，那是一种经受痛苦之后才能发出的至美。它们代表着爱和期望—据说其中一只在伦敦伯克利广场歌唱—也代表着神秘。即便新疆歌鸲用最大的音量歌唱，以歌声划破午夜的沉寂，就像安静的图书馆里来了交响乐团那样响亮，也很少有其他鸣禽会像它们这样难以直接观察。

不仅如此，新疆歌鸲还会像歌剧里的首席女伶那样，总是吊足观

众的胃口，再安排那姗姗来迟的出场。它们在4月的后半程才来到英国，这时你如果足够幸运，就有可能见到一只在阳光下歌唱的新疆歌鸲的全貌。

当然，大多数新疆歌鸲雄鸟行踪隐匿，它们藏身于最浓密、最难通行的灌木丛，用歌声引诱那些在夜空中飞过的雌鸟。

该怎样描述一首只有亲耳听过才会相信其存在的歌呢？这是一种迅捷的旋律，好像闪光的液体连续坠落，又混合了低沉的轧轧声，还带着尖亮的啸声和让人汗毛竖立的渐强音，所有这些声音都佐以令人屏息的停顿。和最好的剧作家一样，新疆歌鸲懂得短暂停顿所带来的效果。

如果出奇地幸运，你可能会偶然处在两只相互较量的雄鸟之间。它们都要努力唱出压倒对方的旋律，这时你将被它们的立体声交锋惊得目瞪口呆。

20世纪20年代，在大提琴演奏家比阿特丽斯·哈里森和她萨里郡家中庭院里的一只新疆歌鸲之间，有过另一次传奇般的二重奏。这一演出由早期的BBC广播网进行了播送，成为世界上最早有关野鸟鸣声的现场收音直播。这次演出深受听众们的喜爱，二战爆发前每年都会在电台重演。

庭园林莺

众所周知，那些外形最平凡的鸟类往往有着最华美的歌声，棕色的新疆歌鸲就是一个例子。而庭园林莺最大的特点（如果能叫作特点的话）就在于它是英国长相最为平凡的鸟儿。事实上，它外形唯一真正的特点就是没有任何特点！它的羽毛是时尚人士所说的“灰褐色”，唯一值得一提的就是颈部的一些灰色浅斑，还有嵌在相貌平平的脸上的一对亮晶晶的黑眼珠。

但当你于5月初的某天坐在林间空地上时，一串迅疾连贯的音符会从灌木深处倾泻而出。将庭园林莺的鸣唱跟汩汩流淌的小溪进行比较，是有原因的：它的声音有着流动的韵律，涟漪泛现，连绵不断，以至于单个的音符已经不那么清晰可辨了。庭园林莺及其近亲黑顶林莺的歌声经常容易被混淆，但是前者像是节奏轻快的女低音，而后者更像是音色多变的女高音。

另一种描述它们鸣声区别的行之有效的类比，是黑顶林莺听起来像加快节奏的欧乌鸫，而庭园林莺的歌声则令人想起云雀那快速而不受控制的倾诉。

庭园林莺的名字其实并不准确，它们很少出现在庭园里（也许在偏僻和人迹罕至的地方除外）。它们偏好夹杂着小树的浓密灌丛—林地和湿地环境的边缘更为典型，尤其是树木被修剪过的地方。

它们4月间从非洲飞回来，一直歌唱到6月底。幼鸟羽翼丰满之后，亲鸟便会起身南迁。庭园林莺带着它们天性中的低调，悄然溜走，向南飞往西非的森林，在那里度过整个冬天。

黑顶林莺

早起的鸟儿不仅有虫吃，还能赢得更好的繁殖领域，提高将自己的遗传物质传递给后代的概率。这些道理被我们最常见也最熟悉的莺类之一——黑顶林莺付诸了实践。

黑顶林莺的雄鸟恰如其名，这种体型较大的棕灰色林莺，头顶的羽色漆黑如炭。但对于它的配偶和年幼的后代而言，这个名字就不是那么准确了。雌鸟和幼鸟的头顶是温暖的栗棕色。

黑顶林莺总是最早回到我们这片陆地的候鸟之一，它们在每年的春分日前后就会到达，大概是在3月的第三周。由于歌声优美动听，所以它们在民间又享有“北夜莺”或“三月夜莺”的俗称。当然，比起真正的夜莺，它们的歌声在旋律的丰富多变上有所欠缺，不过还是悦耳迷人的。

近些年，这种春夏季到来的候鸟改变了迁徙策略，部分原因是受到了我们人类的影响。以往在英国繁殖的黑顶林莺做短距离迁徙，每年9月或10月初离开英国，向南飞往地中海周边的西班牙、葡萄牙或北非越冬。

但是从20世纪60年代开始，那些在中欧，特别是在德国南部和奥地利繁殖的黑顶林莺却开始飞往英国越冬。科学家们推测，来自这些地方的黑顶林莺亚成鸟一直以来都会在迁徙时迷失方向，但过去这些迷鸟到达英国以后，会因找不到食物而饿死。可是自20世纪60年代以来，出现了一连串的暖冬气候，加之英国人会在自家的花园里给鸟类喂食，这些都使得那些迷鸟不仅顺利活过了冬天，而且活得很好。

这些黑顶林莺会在3月初离开英国，这正好是在春季迁来的繁殖鸟到来之前。如此一来，它们能够比在地中海一带越冬的黑顶林莺早一两周回到繁殖地。这些“早返的鸟儿”可以占有最好的繁殖领地，赢

得最健康的雌性配偶，最终也就会产生更多的后代。而这些后代都会沿袭向西飞到英国越冬的迁徙行为。

结果，如今在中欧地区繁殖的大多数黑顶林莺都会来英国越冬，这也就意味着我们全年都可以看到这些令人感兴趣的小鸟了。

当你偶然翻阅一本维多利亚时代或更早的鸟类书籍时，你也许会发现，那时候“黑顶”这个名字代表着一系列完全不同的鸟类。在过去，芦鹀、煤山雀、沼泽山雀、褐头山雀，甚至红嘴鸥，都会被叫作“黑顶”；当然，我们只需简单加上“林莺”这个后缀，就可避免黑顶林莺与其他种类发生混淆了。

苍鹭

当你在湖畔漫步，无论这是英格兰、威尔士、苏格兰的湖泊，还是伦敦中心公园里的水域，你都可能会听到一种嘶哑的喉音，这种从头顶树上传来的声音仿佛是由史前怪物发出。那个发声的怪物常常被枝叶遮挡，很难看清，但在高处的某个地方，苍鹭正守护着刚刚睁开懵懂双眼的雏鸟们。

在英国各地，我们越来越多地听到苍鹭的声音。从南方的锡利群岛到北方的设得兰群岛，从城镇到乡村，我们最常见的这种本土鹭类的数量正在增长。

我们对苍鹭的增长一清二楚，因为调查它们的历史比调查其他任何英国鸟类的历史都要悠久。早在1928年，一位叫马克斯·尼科尔森的年轻鸟类学家发起了一个清点全英国繁殖苍鹭数量的项目。幸运的是苍鹭集群活动，它们会聚集在一起筑巢。

那次开创性的调查找到了4 000个巢，之后每年人们都会重新调查苍鹭集群筑巢的地方，清点鸟巢的数量。苍鹭的运气总体上一直在

变好，它们如今约有13 000个巢，繁殖鸟的数量已经超越了人们记忆中的任何时期。

但对苍鹭来说，生活并非总是一帆风顺。苍鹭主要以水里的鱼和蛙类为食，但当冬季持续严寒，水面结冰时，无处觅食的苍鹭就显得格外脆弱了。一些苍鹭会改变策略，它们捕捉小鸟、老鼠，如果可能的话，甚至以鼹鼠为食。尽管如此，严酷的寒冬里很多苍鹭还是会死去。死亡苍鹭纤细的身躯在灰色羽毛的映衬下，比活着的时候更显憔悴。

更能随机应变的苍鹭进入城镇，得以保全性命，它们在黎明之际大胆突袭庭园中的池塘。这让那些饲养外来观赏鱼类的居民对苍鹭大加提防，他们用一层密网罩住自家的池塘，以阻止这些食鱼大盗。

波纹林莺

达特福德有三样出名的东西：泰晤士河下面的隧道、米克·贾格尔童年的旧居，以及在鸟类学界以达特福德命名的一种最罕见也最神秘的鸣禽—波纹林莺。

迄今为止，要想在英国看到波纹林莺，你需要前往最南部的多塞特郡和汉普郡那些点缀着金雀花和石南的景观。托马斯·哈代的传奇乡村小说里“凋零的石南丛”，就是波纹林莺的典型生境。这种小鸟是屈指可数的几种全年都留在英国的莺类之一，这意味着本地要持续供应小型无脊椎动物，以满足它们的摄食需求。

在冬季，波纹林莺为了找食，会在金雀花丛里挖掘得很深。在那些冻蔫的黄花下面，在长满棘刺的枝丛深处，才能找到在此躲避严寒的小昆虫和小蜘蛛。即便如此，在最寒冷的时节，捕食者和猎物都得挣扎求生。1962年至1963年那场声名狼藉的严寒过后，几乎所有在英国繁殖的波纹林莺都死了，只有十来对侥幸存活。

冬去春来，波纹林莺又可以扯着粗糙的、机械般的嗓门，站在石南顶端或金雀花新抽出的嫩枝上歌唱了。它生性羞涩而隐匿，但你只要能好好看它一眼，就不会忘记这种特征明显的鸟儿。它身形纤瘦，背部为棕灰色，腹部为深酒红色，头顶的冠羽让它看起来很欢快，一条长长的尾巴常常翘起，和身体呈直角。当它在长着金雀花的丘陵间飞行时，那条拖在身后的长尾略显笨重。

自1963年可怕的冬天以来，暖冬成了一种长期趋势，这也使得波纹林莺的数量反弹回升。尽管中间经历了几次严寒，让波纹林莺在当年的数量有所下降，但是近些年它们已经增长到3 000个以上的繁殖

对。它们的分布范围也相应扩大，西到萨默塞特郡、德文郡和康沃尔郡，东至诺福克郡和萨福克郡，北达英格兰中部地区。

它们甚至已经回到了肯特郡，有些让人遗憾的是，还没有出现在达特福德。顺便提一下，尽管有时波纹林莺的俗称“荆豆鹪鹩”或“金雀花林莺”听上去更加准确，但是“达特福德林莺”[7]这个名字也是名副其实，因为它们第一次被描述和命名时，所依据的就是1773年在达特福德附近的贝克斯利黑斯采集到的一对标本。

欧鸬鹚

在石崖的顶上，三只幼鸟蹲在由腐烂的海草和碎小的漂木筑成的巢中，在夏日的骄阳下，那些漂木已经晒得泛白了。这些长得有些像爬行动物的小生命就是欧鸬鹚的幼鸟，它们皮肤裸露，模样有点像翼龙。这样的小家伙，只有它们的亲生父母才懂得怜爱。

你若为了方便而凑近看，成年欧鸬鹚就会喘着粗气嘶嘶地发出警告，这种单调而重复的声音会一直持续到你退回安全距离。

尽管看上去有些古怪，但相对于体型更大的近亲普通鸬鹚来说，身形更修长和精致的欧鸬鹚已经算是相貌堂堂了。它深绿色的羽毛泛着油亮的光泽，翠绿的双眼炯炯有神，头顶长着滑稽的、向前突起的冠羽，欧鸬鹚的英文名（shag，直译为“粗毛”）就由此而来。

在古代，欧鸬鹚还有一些名字，比如说scarf和scart；这些词都来源于古斯堪的纳维亚语，是用来模仿它那带着摩擦音的粗糙嗓音的。它还有一个名字，叫作“黑鸭子”，这个称谓只在二战期间短暂使用。

当时由于食物短缺，欧鸬鹚在北部群岛被猎获，送至伦敦一些最善经营的饭店充当“食材”。可以想象，当食客们揭开自己餐盘的盖子，看到这种带着鱼腥味的瘦骨嶙峋的“鸭子”时，他们的脸上是怎样一副表情。

近些年来，欧鸬鹚的近亲普通鸬鹚中有许多已经飞到内陆来觅食和繁殖了。但欧鸬鹚还是始终如一的真正海鸟，它们主要以玉筋鱼为食，这种无处不在的小鱼也是北极海鹦的最爱。通过固定在欧鸬鹚身上的微型摄像机，科学家们发现这种鸟会在开阔海域里追踪小鱼，也能够从海底捕捉螃蟹和比目鱼。每次成功捕捉到食物之后，它们就会飞回巢中，反刍出战利品，把它喂给那些正在发育的雏鸟。

芦鹀

芦鹀作为一种鸣禽，其鸣声总是被苛刻地形容为“不着调”。这种声音时常从摇曳的芦苇或灌木丛的高枝上传来，不断重复同一个简单的旋律，好似一个不耐烦的音响工程师在反复说：“一……二……测试……”

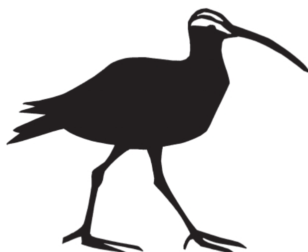
可是，当一只雄性芦鹀站在高高的芦花顶上时，你会发现华美精致的外表完全弥补了它在乐感方面的欠缺。它的头部呈烟黑色，雪白的髭纹像两撇胡须一样从嘴角分开，栗色的背上带有清晰的黄褐色纹理，胸腹部则是浅浅的灰白色。它的配偶就不那么显眼了。雌鸟羽色斑驳，和它巢周边的芦苇、莎草一样，这种完美的保护色可让捕食者难以发现它。和雄鸟一样，它在飞行时会炫耀般地显出尾羽两侧的白边，从而泄露它的行踪，但这对准确辨识芦鹀大有好处。

芦鹀一度几乎只生活在沼泽和湿地环境，但从20世纪60年代以来，它们的栖息地和生活习性都发生了变化。今天，针叶林、石南灌丛和荒原都有可能是它们的繁殖环境，甚至在怒放的油菜花田里都能听到它们的鸣唱。芦鹀筑巢的时间比较晚，幼鸟会在巢里一直待到7月甚至8月，而油菜花的收获期是在盛夏，因此这些幼鸟常常不幸地成为联合收割机刀片下的冤魂。

繁殖季过后，芦鹀会有规律地出现在城市和郊外的花园里。它们尽情享用慷慨的爱鸟人放在喂食器中的草籽。若你见到一只好像被用力擦洗过的麻雀似的小鸟，那么你看到的很可能就是芦鹀，它们永远

是庭园中受到欢迎的访客。

中杓鹬



中杓鹬的叫声是一连串清亮悠扬的音节，多在英国遥远的北边才能听到，因为英国本就不大的繁殖种群主要在设得兰群岛抚育后代，另有少数几对散布在奥克尼群岛、外赫布里底群岛和苏格兰的最北端。

但中杓鹬的越冬地在南欧或西非，因此你还是有可能在南边任何地方听到它们的独特叫声。4月末到5月初的时候机会最大，这时中杓鹬正回到我们的海岸。途中为了补充能量，它们总是会在萨默塞特平原之类的传统地点停歇，用向下弯曲、角度独特的鸟喙在牧场潮湿的泥土里寻找蠕虫和昆虫幼虫。

形状独特的喙揭示出它们和白腰杓鹬有着较近的亲缘关系。但中杓鹬体型较小，喙较短，还有一条浅色的顶冠纹，由此可跟体型更大的白腰杓鹬相区别。中杓鹬的顶冠纹两边有深色的侧冠纹，头顶对比明显的图案正是它的一个显著特征。

有时你在夜里能听到迁徙的中杓鹬发出连绵的七音节鸣叫，正因这种叫声，它们又被称为“七啸鸟”。在英格兰中部的一些地区，这种午夜里回响的七音节叫声催生了“命运六鸟”的传说。传说里这六只鸟在天堂飞翔，努力寻找它们失踪的伙伴。一旦七只鸟全部重聚，世界末日就会降临。

欧金翅雀

欧金翅雀带有一些双重性格。一年中的大部分时间里，它们总是大群地爬上我们庭园里的喂食器，用结实的喙嗑开瓜子和花生的壳，大快朵颐。临近夏末，暗棕绿色的亚成鸟也一起混在群里，你即便是借用观鸟圈的黑话，戏称它们为“垃圾雀”，也能被原谅。

但每年春天短短的几周时间里，当再见到欧金翅雀时，你可能会认为是完全不同的一种鸟出现在了自己的后院。因为每年的这个时候，欧金翅雀雄鸟就会展示它那惊人的空中炫耀舞姿。

雄鸟发出嘹亮的颤音，从乔木或者灌木的顶端起飞，以慢动作扇动翅膀，之后在它小小的领域狂野地翻飞，看起来更像是一只蝙蝠，而非一只鸟。

像所有的求偶炫耀一样，它的举动有两个目的：吓阻其他竞争的雄鸟和吸引正在注视它表演的雌鸟。对于雌鸟来说，能够完成缓慢而华丽的高难度飞行，停留在空中，而非不光彩地坠落在地，这样的雄鸟才有资格成为它孩子的父亲。

除了像金丝雀般地鸣叫以外，欧金翅雀还能发出另一种喘气的声响，就像是打了一半又忍住了的喷嚏。在温暖的春夏，人们常常会听到这种声音。繁殖期过后，它们最喜欢成群夜宿于那些巨大而散乱的、常引发邻里间争吵的莱兰柏树篱中间。寒冷的冬夜里，这样一个温暖而又安全的庇护所中会挤进几十只甚至成百只欧金翅雀。

白眉鸭

在一个明媚的5月早晨，从茂密的芦苇丛深处传出一个奇怪的声音。这声音有些像吃了兴奋剂的蚱蜢，但此时离虫鸣的盛夏尚早，栖息的环境也不对劲。其实这声响来自英国野鸭中唯一的夏候鸟—白眉鸭。特别的叫声、迁徙的习性和小小的体型，让白眉鸭在乡间又被叫作“蛐蛐小鸭”或“夏日小鸭”。

每年春季总是值得花费精力去寻找白眉鸭，因为雄鸭可称得上是英国最英俊的野鸭。它的调色板上只用了棕、灰、白三色就达到了出众的效果，其头部呈棕巧克力色，白色的过眼纹与头部对比鲜明，背部和腹部都是珍珠灰色。跟大多数野鸭一样，雌白眉鸭要比雄鸭逊色许多，它有着精心装饰的棕色、黑色和灰色的羽毛，这让它在孵卵时可以隐身。

白眉鸭是我们这里最为罕见的野鸭之一，每年只有50对到100对在英国繁殖；由于繁殖期里这种小野鸭在它的栖息环境内行踪隐秘，因此这个数字可能有些许遗漏。每年从热带非洲越冬地前往斯堪的纳维亚半岛繁殖地的途中，有些白眉鸭还会经过英国。作为每年最早出现的候鸟之一，它们会在3月，某些年份甚至在2月就到达英国；当长途返程开始时，它们又会在8月和9月经过这里。

由于处在白眉鸭分布区的西北边缘，英国的白眉鸭数量很少，但就全球范围而言，这是一种分布范围很广、数量很多的野鸭。在旧大陆（欧亚大陆和非洲大陆）的温带地区繁殖的白眉鸭多达300万对，在冬季，它们则会飞到撒哈拉以南的非洲和南亚越冬。在那里，数十万只白眉鸭会待在象群旁边，或者与长腿的火烈鸟混群。在一年两次的迁徙中，许多白眉鸭在撒哈拉沙漠南缘的萨赫勒地区被当地人捕杀食用。

红脚鹬

红脚鹬可以当之无愧地被称作“湿地督察员”。有一点风吹草动，它就会像机关枪似的放开嗓门，发出一连串的响亮而尖锐的短鸣，好像在警告附近的所有鸟类“有人走过来了”。对于任何想在河口或湿地近距离观察涉禽的人来说，红脚鹬那神经质似的敏感都是个大麻烦。

红脚鹬是一种中等体型的涉禽，它的身体和欧乌鸫的大小差不多，腿却要长得多。红脚鹬双腿的颜色鲜红欲滴，它也因此而得名。在淡水沼泽或沿海河口，全年都能见到这种易于辨识的鸟。只有两种鸟容易与其混淆：一种是体型更大也相对更少见的鹤鹬，但鹤鹬的腿是暗一些的血红色；另一种是流苏鹬，它的腿是更浅的橘黄色。红脚鹬飞起来的时候，它们白色的腰部和翅膀的白色后缘是有用的野外识别特征，由于它们的神经质，你经常会有机会观察这种特征。

繁殖期过后，红脚鹬的羽色变暗，变成让人感觉乏味的灰棕色；但到了春天，它们的外形又焕然一新，羽色明显加深且充满了生气。如果你觉得繁殖期的红脚鹬不会比冬季的时候更加紧张，那就大错特错了。此时的红脚鹬会高高地站在篱笆桩上，警惕地注视着任何不对劲的东西，似乎在一刻不停地告知捕食者，它们不只是在看护自己的卵或雏鸟，连周围其他那些在地面营巢的鸟类的后代也一样会加以照看。

每年这个时候，红脚鹬雄鸟会上演一出惊人的求偶飞行，它们先是飞到空中用真假声交替歌唱，然后降落到地面上继续表演，伸展翅膀，炫耀最美的身姿，好像在宣告自己是一场健美比赛的赢家。

雄鸟一旦赢得雌鸟的芳心，它们就会找一片开着野花的潮湿草甸和沼泽安家，还会将草叶尖拽到一起，搭建巢上方的顶棚。雏鸟一旦孵化出来，这些警惕而又喋喋不休的父母就会立刻带着孩子转移到新的地方，至少在刚刚搬完家的那一刻，亲鸟会认为在新家可以安全地

哺育后代。

斑胸田鸡

一个晴朗而宁静的5月夜晚，在英国少数沼泽的角落里，湿地和莎草丛之间有一种奇怪的声音在回荡，它像快速挥舞鞭子发出的声音，不断地重复。这是我们最为罕见，无疑也是最难找寻的一些繁殖鸟—斑胸田鸡在巡视它们的领域。

骨顶鸡和黑水鸡是两种我们最常见也最熟悉的水鸟，斑胸田鸡同它们有着亲缘关系。但跟找那些显眼的种类不同，要找到这种穿着波点礼服的隐匿水鸟极其困难。想要亲眼看到它，几乎是难于登天。如果那种奇怪的声音能被称作歌声的话，只有唱歌时斑胸田鸡才会暴露自己的所在；即便如此，它也往往是隐身于黑夜之中。

为增加难度系数，斑胸田鸡还能操纵自己的音量，它的歌声听起来往往比实际的距离要近，并且只在春末夏初的短短几周内才能听到。它还有一个臭名昭著的恶习，那就是可能会悄悄变动位置，前一年它还出现在一片湿地或者沼泽里，第二年就移形换位了。

情况曾经很不相同：16和17世纪，东安格利亚沼泽被人为排干，在这一早期大规模环境破坏恶行发生之前，斑胸田鸡即便不是很容易看到，也曾是常见和广布的种类。如今即使遇上好年景，全英国也只有不到100只雄鸟还在守卫它们的领域了，这些领域散布在从东安格利亚到西部群岛之间的各地。

斑胸田鸡的巢藏在由湿软泥潭环绕的、略微高出地面的莎草丛中，找到它就如同发现了鸟类学界的圣杯。多数有关斑胸田鸡的野外记录都要靠听到鸣声，或目击到幼鸟—小家伙们长得像是带了两条腿的小黑煤球一样。

对于我们大多数人而言，要想邂逅这鸟类世界的“红花侠”，最好的机会是一直等到繁殖期结束。夏末秋初，特别是当它们出没的池塘

水位降低时，你也许能看见一只斑胸田鸡蹑手蹑脚地蹲着走过淤泥，然后突然飞速冲回植被中，消失在灯芯草和芦苇秆的掩蔽里。这些个体通常都来自更靠东的地方，它们可能是从德国和波兰飞来，正在前往非洲越冬地的南迁途中。

崖海鸦

没有什么体验可以与身处海鸟繁殖集群中间相媲美，那些躁动的景象、声音和气味从各个方向刺激着你的感官。而在任何海鸟繁殖集群里，崖海鸦都占据着绝对的统治地位。约有100万对崖海鸦在英国繁殖，它们是这里最常见的海鸟。

棕色和白色的崖海鸦密集地排列在鸟粪斑驳的崖壁上，好像是弹珠游戏里的小短棍。崖海鸦的大部分时间都花在保卫它们位于狭窄崖壁上的小块领域上了。在整个鸟类世界，这个领域是最小的，有时候直径只有5厘米。这样大小的空间，只够放下一个大大的、带着斑点的鸟卵。它们直接把卵产在裸露的岩石上，卵是特别的梨形，可以防止它滚下石缝，落在礁石或者大海里。

跟许多海鸟一样，崖海鸦以玉筋鱼或鲱鱼这样的小型鱼类为食。它们一旦潜入水中觅食，就立刻从陆地上那个笨拙的卡通形象变成了

优雅敏捷的象征。当它们决意捕捉一条小鱼时，它们会同猎物一样在水里扭动、转身、侧翻。它们能够下潜到180米的深度，这差不多是纳尔逊纪念碑高度的3倍。

当崖海鸦亲鸟带着捕获的猎物回到它们的繁殖集群时，它们需要沿着岩架在喧闹的鸟群里找到自己的孩子。北极海鹦每次可以带回一嘴的小鱼，崖海鸦与之不同，一次只能带回一条鱼，所以它们需要把有限的食物准确地喂给自己的孩子，这意味着它们要在岩架上走来走去。

当幼鸟约两周大时，它们就会在父母急迫的鼓励声中，一头扎进未知的天地。它们会直直地从崖壁跳入大海，因为这种习性，它们又被亲昵地叫作“跳水鸟”或者“跳楼鸟”。之后这些幼鸟会在父亲的护送下游走，去那遥远的公海上闯出自己的一生。

暴风海燕

设得兰群岛位于英伦诸岛的最北方，你在这里离北极圈比离曼彻斯特还近。每年的暮春到夏季，这里白天很长，夜晚也不会真正一片漆黑。夜空中的微光在当地叫作“酝暗”。

在光线最暗淡的时候，你有可能会听到一种声响，有人把它比作“生病的精灵发出的声音”。正是暴风海燕发出了这种吓人的咯咯声。它是我们体型最小的海鸟，只有16厘米长，重量不到30克（大约1盎司[8]），只比麻雀略大一点。为了躲避海岸上潜伏着的食肉动物和饥饿的鸥类，它会一直待在外海，直到光线降到最暗的时候才回来。

这种神秘海鸟最为人所知的繁殖集群位于设得兰主岛旁边的穆萨岛。暴风海燕在岩石的空隙里筑巢，有时候也会把巢建在古代圈形石塔上的裂缝里。怀旧的比尔·奥迪把这种巨大的、有着圆锥形结构的文明遗迹比作“铁器时代的冷凝塔”。

夜晚站在石塔旁边，你可能会发现有十多只小小的暴风海燕在身边尖啸而过。它们飞行的样子像极了伏翼属的蝙蝠，只不过没有回声定位的能力，这意味着它们有可能会在飞行中一头撞向你。这真是你在英国能够体验到的最怪异也最难忘的自然场景了。

全世界约有20种海燕，它们扇动着炭黑色的翅膀飞越海洋，白色的后腰在飞行中时隐时现，很像是海上的白腹毛脚燕。在捕食的时候，它们常常会低飞，用脚拍动水面，好像是在水上行走，有人根据这个行为把它们叫作“基督鸟”。曾有一种说法认为，海燕英文名字（storm petrel）里的petrel这个词的词源来自圣彼得，但它更有可能

是指它们这种“啪啪”拍击海面的习性。

海燕的另一个古称是“修女凯里的小鸡”，它可能是“修女玛丽亚”或拉丁语的“马塔·凯拉”的变体，其实它们都是指圣母马利亚。以前那些迷信的水手在海上一遇到海燕这种小鸟，口中就会呼唤圣母马利亚，因为海燕在船边突然出现，被认为是暴风雨即将来临的征兆。

水蒲苇莺

在春夏两季，有两种常见的苇莺生活在我们的湿地和芦苇滩里。毫无疑问，在二者之中，水蒲苇莺要比它那羞涩的亲戚芦苇莺大方和外向得多。

4月中旬，当水蒲苇莺从位于西非和中非的越冬地迁徙回来时，雄鸟就立刻开始忙起它的大事了：占领一块领土，吸引一个配偶。它的方式招摇无比：找一根可以俯瞰整个领地的高枝，比如芦苇滩边缘的荆棘条，蹲坐其上，之后突然跃起，飞到空中，用沙哑的嗓子嘶嘶地唱起快歌，接着又来一次空中滑翔，落回原来的枝头。

它的歌声有些爵士乐的风格，有了一个主题后就能自由发挥；而芦苇莺的歌声正好相反，只有一个旋律，略显单调。想想也对，“狂野”和“水蒲”的反面正好是“规矩”和“芦苇”。

水蒲苇莺的长相也和芦苇莺很不一样。雄鸟和雌鸟都呈黄褐色，两条过眼纹像奶油一样白，后背和腹部都镶嵌着条纹。筑巢时，水蒲苇莺和芦苇的关系也更浅，它们偏好把巢筑在水边相对杂乱的植被里。

在快要离开英国时，水蒲苇莺会狼吞虎咽地大吃昆虫—主要是芦苇粉大尾蚜，这种虫子在每年的夏末秋初最多。疯狂大吃的结果是它们的身体里形成了厚厚的一层脂肪，体重增加1倍，从0.5盎司变成1盎司。这样一来，它们才能不停不休地从英国直接飞到撒哈拉以南。

6月

欧夜鹰

三趾鸥

北极海鹦

刀嘴海雀

红额金翅雀

仓鸮

大西洋鳠

西鹌鹑

北极燕鸥

北鲣鸟

北贼鸥

金黄鹂

白喉林莺

普通鸬鹚

蚊□

白鹭

矶鹬

鸲蝗莺

湿地苇莺

芦苇莺

扫码欣赏图片和鸟鸣

引子

6月是一个丰饶的时节，随着白昼变长、日照增加，野生动植物活跃起来。刹那间仿佛一切都开始绽放了。这时，大部分候鸟已经到达英国，有的都孵出了今年第一窝雏鸟。有些雏鸟甚至已经长好了羽毛。到了6月末，小燕子会绕着马厩和农场进行生命中的第一次试飞，而它们的父母已经在计划着组建下一个家庭，但配偶就不一定是原来的了。

在我们的花园里，欧乌鸫亚成鸟裹着一身棕色和褐色的斑纹，突然开始练习鸣唱，成群新生的青山雀和大山雀也第一次从它们的洞巢里钻了出来。这些未成年的幼鸟无论是否离巢，都需要大量喂食，因此6月对于它们不胜其烦的父母来说又是最繁忙的月份。亲鸟必须把所有的时间和精力都用来喂养自己嗷嗷待哺的孩子。

承担了这么重的哺育任务，你也许会认为鸟儿将不再高歌，但实际上许多鸟类会在整个6月都继续鸣唱。那些在繁殖季只产一窝卵的鸟类确实不再歌唱了，因为它们不再需要通过声音标识和守御自己的领域；另一些鸟儿，比如林柳莺、新疆歌鸲、白喉林莺，最晚会在6月底以前沉寂下来。但是还有很多鸟类，比如黑顶林莺、灰白喉林莺、欧乌鸫和欧歌鸫，将在雌鸟产下第二窝卵时继续歌唱。大部分杜鹃在6月底也会安静下来，一些雄鸟甚至开始了南迁的旅程，它们只在英伦三岛停留两个月左右。

6月的清晨，尽管鸟类大合唱没有5月那么响亮，但是仍然有特别

的曲目值得一听。为数不多的沼泽区白杨林里，金黄鹂在摇曳的树叶间发出带有热带风情的哨音。在这个月，任何一片落叶林中都有可能出现这种迁徙的黄色精灵。如果不在黄昏时分探寻一片石南林，那么6月一定是不完整的。因为在这里，你能发现欧夜鹰像外星登陆艇一样发出奇怪的嚓嚓声。甚至在开阔的农场上也上演着6月的曲目，高耸的玉米秆上空飘荡着鹌鹑的歌声“wet-my-lips”，连续不断，行云流水。不过，6月合唱团的明星还要数隐藏在池塘沟渠边的柳叶菜和荨麻丛里的鸟儿。它们是湿地苇莺—一种稀少且只在局部地区才能见到的小鸟。在英格兰东南部的少数地区，人们可以听到湿地苇莺模仿各种鸟类的声音，从红隼到蛎鹬，从燕子到红额金翅雀，种种声音交织成一首嘈杂的歌。

6月还是探访海鸟栖息地的季节，这时候海鸟的育雏活动正在如火如荼地进行。在海蚀崖和岛屿上，北极海鹦大大的鸟喙里装满了小鱼，它们用这些小鱼喂养藏在巢穴里的后代。崖壁上有些突起的岩架，在这里，崖海鸦把一条条细长的玉筋鱼喂给它们蹒跚学步的孩子。欧鸬鹚则把嗉囊里的各种海味反刍出来，直接喂给它们的孩子，那些小家伙还没学会走路呢。这条往返于海洋与陆地之间的喂食路线，带给观鸟者一场视觉和听觉的盛宴，甚至在嗅觉方面也是如此。在6月阳光的照射下，鸟粪不断发酵，产生刺鼻的气味，没有体验过的人简直难以想象。

篱笆边的接骨木和犬蔷薇尽情绽放，池塘、小溪上空的蜻蜓和豆娘盘旋觅食，自然界所有的景象和声音都在告诉人们：盛夏来临。可是仲夏节刚过，第一批南下的白腰草鹬和林鹬便从遥远的斯堪的纳维亚半岛飞来。看到它们没什么好惊讶的，这些早早就踏上迁徙旅程的鸟儿也许没在繁殖季里找到配偶。它们不会继续在北方繁殖地浪费时间，而是提早前往越冬地。凤头麦鸡在砾石坑上空懒洋洋地扇动翅膀，它们刚刚在不远处哺育了这一年的后代，现在准备离开它们的繁殖地。对于这些迁徙的鸟类来说，秋天已经开始了。

欧夜鹰

仲夏的黄昏，余晖洒在石南丛中，温暖的空气里蕴含着松脂的气味。飞蛾在天空中扑飞而过，第一队蝙蝠开始在树冠上盘旋。随着光线转暗，一切树木的轮廓都开始变得模糊，鸣叫的鸟儿也在黑暗中渐渐沉寂下来。这寂静仿佛是自然舞台上两幕之间的短暂过场，就在此时，一种奇怪的、机械般的颤音传了出来，那声音不大不小，恰好能被听见。这就是欧夜鹰—一种看起来既像树枝又像鸟的奇异生物登场了。

夏日温暖的傍晚是最容易遇到欧夜鹰的时候，尤其是在5月底到7月底的这段时间，它那离奇的鸣叫最容易引起人的注意。在中世纪，我们的祖先把欧夜鹰称作“蕨丛中的猫头鹰”，因为它白天一直停栖在蕨丛中，斑驳的羽色好像树皮一样，为它提供了最好的伪装。我们的祖先还相信夜鹰是吮吸着母山羊的奶长大的，于是他们还给夜鹰起了一个俗名，叫作“吸羊奶者”。当然，这只说明了先人的智慧并不总是如我们想象的那么可信。

欧夜鹰像一根木头似的，一动不动地栖息在树枝或树梢上，发出超现实的、机器般的颤鸣。它的声音和英国另一种习性隐秘的鸟类—黑斑蝗莺的一样，好像永远不会停止，只有当鸟儿转动头部，朝向或者背离它的听众时，声音才会出现音调和音高上的些许差别。

要想看到这种神秘的鸟，你就得等到它停止鸣叫的时候。纤长的翅膀猛地一扇，欧夜鹰的身影便出现在了夜空中。雄性欧夜鹰翅膀尖端的白色斑块在皎洁的月光下尤其明显，向它的同类，也向观众宣告它的登场。

长久以来，乡下人都知道，像亢奋的莫里斯舞者那样在空中挥舞两条白手帕，就能引来欧夜鹰。但对欧夜鹰来说这么做又不公平，因为夏夜是如此短暂，留给它们觅食的时间并不宽裕。

欧夜鹰在空中捕食的时候像一只硕大的蝙蝠，长尾羽有助于它在空中灵活变向。喙周围的刚毛在空中完全伸展开，它们可以帮助鸟儿感知周边经过的飞虫。一旦察觉到有小虫，鸟喙立刻闭合，咬住猎物。

雄鸟在空中捕食，而此刻在它下方的石南或蕨丛中，它的配偶正在孵育它们的后代。那是2枚并不很白的卵，卵壳上有灰色和棕色的花纹。不久，雌鸟也会加入雄鸟，一起在黑暗中捕食。直到柔和的朝晖把东方的天空点亮，这一对伪装大师才双双落在它们栖息的灌木丛里，仿佛又变成了石南的一部分。

三趾鸥

你站在崖壁顶上，从碎浪中腾空而起的咸涩水沫在周围缭绕。从你身下的岩架上，传来英国对海洋环境最为依赖的鸥—三趾鸥的鸣叫，听着这些叫声，你也就大概明白了它们名字的由来。

同杜鹃和叽喳柳莺一样，三趾欧的英文名（kittiwake）来自它的叫声。这样的声音在让人眩晕的悬崖周围回荡，像是一首永不停歇的合唱。

大部分鸥类喜欢待在靠近海岸的地方，甚至生活在内陆。三趾鸥则不同，它们是真正的海员。它们一生中的大部分时间都在公海上度过，在那里，它们跟着拖网渔船的踪迹，时不时地来一个俯冲，从海面上啄取食物。但是在繁殖季来临的时候，它们也会和其他的海鸟一样，回到陆地上筑巢。它们收集海草、陆生植物和海滩上的垃圾碎片，用泥土和鸟粪固定在一起，就建成了繁育自己后代的鸟巢。

为了躲避陆地上的捕食者，绝大部分三趾鸥都会把巢建在海边崖壁窄窄的岩架上。但是有一群三趾鸥选择了一个非常不同的筑巢地。在纽卡斯尔和盖茨黑德之间的泰恩河上，这群三趾鸥把家安在一些建筑的窗台上，泰恩河大桥坚硬的金属框架上甚至也有它们的鸟巢。在全世界的三趾鸥筑巢点里，这里是最深入内陆也最靠近城市的地方。尽管与大海的距离已经超过了5英里，鸟儿还是坚持着在这里育雏，这也许是因为幼鸟可以在此躲避海上的风暴。大部分当地人很欢迎这些鸟儿，也有一些人抱怨三趾鸥太吵闹了，鸟粪也是个问题。可是想想纽卡斯尔市中心以嘈杂的夜生活著称，这种指责充满了讽刺。

通过外观区分不同的鸥不是一件容易的事，但三趾鸥高贵优雅的外形还是远远超出了其他多数的鸥类。它们看起来纯净优雅，头和身

体都覆盖着雪白的羽毛，翅膀为珍珠灰色，腿和脚是亮黑色，橘黄色的喙显得很醒目。它们飞行时，黑色的翼尖好像在墨水中浸泡过。亚成鸟看起来完全就像是另外一种鸟了，它们脖颈上靠近身体的部分为黑色，两翼上有醒目的倒“W”形深色图案。

三趾鸥通常一窝生2枚卵，它们用以玉筋鱼为主的小鱼饲喂雏鸟。它们通常需要飞到很远的海上才能捕捉到这些鱼。玉筋鱼以海里的浮游生物为食，而这些浮游生物的分布会直接受到海洋温度变化的影响。这意味着三趾鸥极易受到全球气候变化的威胁。

在一些三趾鸥集群营巢的地方，它们的数量已经急剧下降。但是在英国其他地方，三趾鸥建立起了新的营巢地，因为这些鸟儿适应了码头之类的人造建筑。由此，这些充满魅力的鸥鸟才能继续成为我们海岸线上最有代表性的景象之一，而它们高亢的叫声也继续构成我们的自然天籁中最具活力的那一部分。

北极海鹦

在一个小岛上，当你小心翼翼地走在野兔洞穴之间时，你可能会惊讶地听到一种粗粝的声音从脚下传来，好似电影里外星人发出来的那样。其实这奇怪的呻吟是不折不扣的地球产物，它来自一种你即便没见过，也肯定听说过的鸟类—北极海鹦。

北极海鹦还有几个俗名—“海鹦鹉”“犁嘴雀”“海上小丑”。这些名称要么源自它那色彩丰富的喙，要么是描述它那像企鹅一样摇摇摆摆的步态，或者兼而有之。当它在陆地上大片的海石竹和海滨蝇子草之间蹒跚踱步时，它可能会显得十分笨拙，但作为一种真正的海鸟，北极海鹦其实是在根本看不到陆地的遥远外海上度过一生中的大部分时光。它跟自己的近亲崖海鸦和刀嘴海雀一样，只有在不得已的情况下才会来到岸上——毕竟就连北极海鹦也没办法把卵产在海面。

飞行时的北极海鹦也很滑稽，它们拼命扇动着翅膀，就好像是害怕会随时从空中坠落一般。只有在潜入水里的时候，它们的身形才能让人联想到优雅和敏捷。

北极海鹦是一流的潜水员，在水下追猎玉筋鱼的时候，它们才像是飞起来了一样。它们那三角形的喙有着锯齿状的边缘，这让它们在捉下一条鱼时不会丢掉嘴里已经咬住的猎物。因此每次捕食，它们都能同时叼住十几条小鱼，若要给留在幽深而漆黑的洞巢里的幼鸟带回足够的食物，这一点至关重要。

大约有100万只以上的北极海鹦在英国繁殖，但是很少有人亲眼见过一只活生生的海鹦。它们把巢筑在近海岛屿或偏远的海岬，以便尽可能地减少赤狐或老鼠对自己的卵和雏鸟的威胁。

整个夏天，雏鸟都独自躲在地面之下的那个安全小天地里，这个炭黑色的小家伙靠吃鱼肉一天天肥壮起来。五到六周后，它长大成鹦，羽翼丰满（但喙上的花哨颜色要等到来年春天才会出现）。这时小海鹦会借着夜幕的掩护从巢里溜出来，站到最近的崖壁上，勇敢地跃入水中。此后很长时间里它都会在大海上漂泊，直到五岁才返回出生地，开始哺育自己的后代。幼鸟离巢时，它的父母已经先行离开，它们褪去了喙上斑斓的色彩，换上了出海远行时的朴素颜色。

最近的研究证实，在风暴肆虐的秋冬两季，北极海鹦绕着整个大西洋游荡，它们会在遥远的外海待上超过半年的时间。科学家如今可以将微小的光敏地理定位仪佩戴在海鹦身上，当它们返回陆上繁殖地时，读取这些定位仪上的数据，就能获知它们冬季生活区域的准确位置及往返于繁殖地和越冬区的完整路线。

刀嘴海雀

刀嘴海雀的喙很厚，喙端钝圆，像是一把旧式的剃须刀。它周身上下只有黑白两色，是平面设计师最喜欢的风格，看起来也像衣着得体的餐厅侍者。这样的外形多少弥补了它刺耳的嗓音，那声音听起来就像是宿醉老酒鬼的嘟囔音。

跟崖海鸦和北极海鹦一样，刀嘴海雀也是一种海雀科鸟类：它们身形矮壮，在陆地上行动笨拙，在空中飞行姿态滑稽，但在碧波之下追猎鱼类时，它们却像跳芭蕾那样优雅。只可惜很少有人能够见识最后这一点。

跟所有的海雀一样，刀嘴海雀主要在大海上度过一生，只在春夏季的几个月里来到我们海岸周遭的岛屿和海岬上繁殖下一代。但是不同于在岩架上产卵的崖海鸦，或是利用野兔废弃洞穴繁殖的北极海鹦，刀嘴海雀喜欢把家安在石崖上的壁龛或裂隙里，这些地方可以抵挡飞溅的海浪，也远离其他海鸟集群营巢地的嘈杂。

尽管并不以飞行技能著称，雄性刀嘴海雀在吸引它的潜在配偶时，还是有一样拿得出手的特殊技艺。它会在自己领域附近的崖壁边缓慢振翅飞行，就像翩翩起舞的蝴蝶。这种行为需要消耗大量的能量，仿佛是在炫耀：“看我……能飞得这么慢，说明我相当强壮，是值得你托付终身的伴侣……”

如果这一招奏效，雄鸟就找到了它的另一半。雌鸟将会产下1枚

卵，这枚卵可一点不算小，相当于一个人类母亲生下了足有20磅重[9]的婴儿。

在父母双方持续不断的鱼肉喂养下，雏鸟的生长发育很快。最后父亲会通过连续的鸣叫，催促它的孩子走向大海。幼鸟最终会跃入海中，成为一只真正的海鸟，开启崭新的生活。

红额金翅雀

一群红额金翅雀在一束蓟花的花冠上撕扯纤小的种子，它们发出的清脆声响是最能勾起人回忆的鸣禽声音之一。如果见过这小小的奇景，你也就不会奇怪红额金翅雀群为什么又被称作“charm”（魅力）了。更让人开心的是，生活在今天的人们要比上几代人更容易听到这种声音。

红额金翅雀的鸣唱是一连串流畅优美的高频哨音，清脆悦耳，像是冬季池塘里冰凌发出的脆响。这声音穿透力十足，哪怕在拥堵的城市里依然清晰可辨。而它们在视觉上的吸引力也毫不逊色，两翼闪着亮黄色的光芒，脸颊上则混合了黑、白、红三种颜色。喙周围有一圈鲜红色，据说是因为曾有一只红额金翅雀同情钉在十字架上的基督，用喙去拉扯基督头顶的荆冠。红额金翅雀还因那位衣着艳丽的君主亨利八世而得名，被叫作“亨利八世的红帽子”。

然而，音形俱美的优点却差点导致了红额金翅雀的灭绝。在维多利亚时代，它们成了一种需求量巨大的笼养鸟。那时的人们用鸟网、涂有槲寄生浆果黏液的小树枝和“金翅雀陷阱”（chardonnerettraps），捕捉了成千上万的红额金翅雀。那种陷阱就是按照法语里红额金翅雀的名字命名的。

由于这种大规模的诱捕，到了19世纪90年代，红额金翅雀已经变成了濒危物种。值得庆幸的是，彼时刚刚成立的鸟类保护协会（后来的皇家鸟类保护协会）把拯救红额金翅雀当成了一项优先任务。结果在最后关头这个物种得救了。

20世纪多数时间里，红额金翅雀都是一种相当常见的鸟类，但过去的一二十年内得益于人类的帮助，它们的数量又大大地上了个台阶。如今越来越多的人在自家的庭园里安置喂食器，还准备了更为多样的鸟类食谱，这使得更多的红额金翅雀可以顺利活过原本食物短缺的冬天。红额金翅雀并不喜欢花生，它们偏爱一种叫作小葵子的黑色小种子，会用尖尖的、像镊子一样的喙从喂食器里把这样的种子一粒粒地挑拣出来。现在红额金翅雀清脆悦耳的歌声回响在我们许多人家的庭园里，甚至也回荡在城市的街道上，整年不息。

仓鸮

黄昏时分，当你扫视起伏的田野、新种植的林地或荒凉的咸水沼泽时，你会突然瞥见远处一个沿着沟渠或篱笆扇动翅膀、像蛾子般飞舞的浅色生物。这样的景象从来都会让人血流加速，心跳变快。

仓鸮常常出没于我们周围古老或荒废的建筑。夜幕之下，当它们尖厉的啸叫在废弃的古堡或教堂塔楼周围回荡时，即使是最理性的人也会被吓到。当一只惨白的鸟出现在窗台上，随后又悄无声息地飞入夜色，你就能理解我们那些容易迷信的祖先为何会认为自己见到鬼魂了。

这尖叫着的幽灵几乎总是仓鸮。正如麦克白夫人曾经指出的那样，它刺破耳膜的哀嚎预示着不祥之兆：

听！不要响！

这是夜鸮在啼哭，它正在鸣着丧钟，

向人们道凄厉的晚安……

仓鸮通常昼伏夜出，但有时也会在清晨和黄昏飞出来，食物短缺时就更是如此。它们高度适应了猎食生活，毫不费力地扇动宽而圆的翅膀巡视狩猎场，两翼上流苏状的覆羽可以吸收翅膀与气流摩擦发出的声响，达到静音的效果。

仓鸮头部的形状也很关键，凹陷的心形脸盘可以将田鼠或耗子发出的细微叫声和脚步声汇聚到耳朵所在的位置。双耳不对称地长在头部两侧，其中的一只稍稍高出。这样的构造让仓鸮不用看到猎物也能精准定位，然后它一个俯冲，扎进下方的高草里，用利爪扼住不幸的

啮齿动物。上面两个特质结合在一起，使得仓鸮在没有月光、完全黑暗的夜晚也能捕猎。

它们需要成为高效的猎手，每年要捕获1 000多只小型啮齿动物才能满足自身存活和养育后代的需求。但仓鸮也有致命弱点：下雨时它们柔软的羽毛会浸湿，鸟儿也就无法捕猎了。因此，在多雨的夏季，它们有时可能完全无法成功哺育后代。

由于食物供应受到气候和当地啮齿动物种群数量波动的影响，仓鸮还演化出另一门绝技。许多鸟类总是等到产完所有卵之后才开始孵育，仓鸮则不然，只要产下一枚卵，它们就会开始孵育。这使得同一窝雏鸟出壳的时间有早有晚，其体型也就有了很大差异。食物充足时所有的雏鸟都能存活，若年景不好，早出壳的雏鸟就会以较晚孵出的同胞为食。这种兄弟相残的行为至少保证了有雏鸟能存活下来。

仓鸮可能有着与众不同的生活方式，但它们也是世界上分布最广的鸟类之一。七大洲中，除了南极洲之外，其他大洲都分布着仓鸮，许多远离大陆的岛屿上也有它们的身影。不过仓鸮主要还是生活在温暖的地区，因此苏格兰的仓鸮也就成了世界上分布最靠北的种群了。

大西洋鹱

在英国西海岸外的一个海岛上，随着黄昏临近，天色暗了下来，海鸥的叫声慢慢停止了。一阵短暂的沉寂之后，更加古怪的声音响起。这种鬼哭狼嚎的声音是大西洋鹱发出的。

它们发出这让人血液凝固的声音并非出于好玩，而是另有目的。亲鸟们通过声音来准确找到自己唯一的雏鸟，而小家伙此时正隐藏在长满青草的悬崖顶上的洞穴之中。亲鸟们已经连续几天甚至几周出海了，它们在夜幕的掩映下回巢，是为了躲避天敌大黑背鸥的威胁。两翼狭长的大西洋鹱背黑而腹白，在海浪上滑翔时流线型的身体优雅灵动，但在陆地上却显得笨拙可笑。

亲鸟的胃里装满了食物，它会把它们吐出来喂给嗷嗷待哺的雏鸟。但在此之前，它首先得找到自己的孩子。即使成千上万只大西洋鹱可能同时鸣叫，雏鸟还是有办法认出自己父母的叫声，它会立刻发出回应，这样能帮助父母准确定位家的所在。

大西洋鹱的英文名源自马恩岛，那里有一个不大的繁殖群。它们还会在其他许多海岛上繁殖，比如赫布里底群岛中的朗姆岛，以及威尔士西南海岸的斯科默岛和斯科克霍姆岛。

英国和爱尔兰令人惊讶地生活着大约35万对大西洋鹱，占了这种神秘海鸟全世界总数的75%以上。但由于它们主要生活在海上，只有最为热忱的观鸟者才有机会亲眼见到它们，这些人甘愿顶着大风到海岬上守望，或是乘着小船出海寻鸟。

大西洋鹱是鸟类世界中最伟大的飞行家之一，它们每年在英伦诸岛周边的岛屿和南美洲海岸之间往返迁徙，一个来回的路程几乎达2万千米。它们同时还是杰出的领航员，20世纪30年代，富有开创性的鸟类学家罗纳德·洛克利把一只大西洋鹱从英国威尔士带到意大利威尼

斯放飞，结果这只鸟仅用了十四天就飞回了威尔士。

和其他许多的海鸟一样，大西洋鸌的寿命也特别长，威尔士巴德西岛上的一只鸌活了五十多岁。据估计，它一生中飞行的距离达到了800万千米，是从地球到月球的往返距离的整整10倍。

西鹌鹑

通常我们并不认为鸟类可以表现得像口技大师一样，但有些种类的确可以，西鹌鹑等少数几种鸟能娴熟地利用声音在人类的眼皮下掩饰自身的行踪。这是英国体型最小的猎禽，大小有如一只体态丰满的鸫。若要评选英国最难见到的繁殖鸟类，西鹌鹑将会是斑胸田鸡的最大敌手。

它的声音能让人驻足聆听，这是一种流淌的三音节鸣叫，人们常常用“wet-my-lips”来加以描述，重音放在第一个音节上。炎热的夏日里，上千公顷广袤的谷物田地中的某处隐藏着一只西鹌鹑，它的声音穿越高高的秸秆，好似水汽般在炙热的空气中蒸腾飘散。这种鸣叫可以传得很远，如果在近处听，则变成了一种怪异的低吼。

如果你有幸看到一只西鹌鹑低低地飞过玉米地，你会感觉它的样子极像一只小型的山鹑：身体丰满圆润，周身布满了棕色和乳白色的条纹，与它生活的环境仿佛融为一体。

每年夏季迁徙到英国的西鹌鹑数量难以预测，某些年份里要明显多于其他时期。它们在非洲或是南欧越冬，迁徙时则往往集群行动。有证据表明，它们在过去的数量肯定要比现在多，《旧约·出埃及记》里提到大量的西鹌鹑从天而降，为身处沙漠的摩西和他那些饥饿的追随者提供了可口的蛋白质营养。

在某些“西鹌鹑大年”的夏末时节，还会有当年的第二波繁殖鸟到达。引人瞩目的是，这些新来者当中有一部分是这个夏天早些时候在更靠南的地方诞生的个体，尽管仍是幼鸟，却已经性成熟了，年龄只有十二周就可以参与繁殖。这种不同代际间在不同地区“跳跃”繁殖的

策略，在鸟类中相当少见，更像是蛱蝶之类的昆虫的行为。

北极燕鸥

如果你计划要走入北极燕鸥的巢区，请务必戴上一顶安全帽，若没有就得把一根棍子举过头顶。这是因为一旦走进它们的巢区，你一定会遭到来自四面八方的毫不间断的空袭。

如果没能做好防护，你很快就会发现，这些浅蓝灰色和白色的鸟类看似优雅，但那血红色的喙绝非摆设，尖利而突出的喙端真的会见血！北极燕鸥不是只攻击人类，在北极高纬度地区，就算是北极熊经过，这些躁动的鸟儿也会毫不畏惧地狂轰滥炸。

北极燕鸥在攻击前通常会发出沙哑、刺耳的尖啸，比起它那优雅而纤弱的身形，这噪声显得十分突兀。嘶吼和攻击极端狂热，这是燕鸥在努力驱赶你离开它的巢区，以免它那些伪装良好的卵或毛茸茸的雏鸟受到伤害。跟许多海鸟一样，北极燕鸥每次只产1到2枚卵，如果孵化失败，在接下来的一年里它们都没有机会再次繁殖。

繁殖期结束后，北极燕鸥就踏上了漫长的迁徙旅途，它们要比地球上其他任何生物都沐浴更多的阳光。这场迁徙从北半球出发，越过热带和赤道，最终抵达南极周边海域。如此一个来回，要跨越令人难以置信的72 000千米。

仿佛北极燕鸥还觉得自己这史诗般的旅程不够宏伟似的，最近人们发现，在荷兰标记的北极燕鸥飞往南极海域时，竟然途经澳大利亚东海岸和新西兰。想想它们单薄的身形，这样的远行就显得更加非同寻常。纤细的身躯和长长的尾羽，也为它们赢得了“海上燕子”的别名。

北极燕鸥每年4月飞回英国，在到达苏格兰的繁殖地之前，它们

有时会在内陆的水库或湿地停歇。诺森伯兰郡海岸外的法恩群岛是近距离观赏它们的最佳地点之一，当然，可别忘了戴上安全帽。

北鲣鸟

即使从来没见过北鲣鸟的繁殖集群，你也不难想象出成千上万只巨大的海鸟聚在一起的场景，还有它们发出的响彻云霄的噪声。但那里的气味也许是你没有想到的部分。北鲣鸟是名副其实的吃货，它们要消耗掉大量的鱼类，也因此而产生了数以吨计的气味刺鼻的鸟粪。一踏上有北鲣鸟繁殖集群的岛屿，那股恶臭就会直冲鼻孔而来。

北大西洋是这种英国体型最大的海鸟在全球的重要根据地。北鲣鸟的翼展接近2米，那匕首般的长喙和相当傲慢冷酷的眼神，让它显得更加威严。

北鲣鸟的学名是*Morus bassanus*，其中的种加词源自该种在英国最著名的繁殖地—爱丁堡外海福斯湾中的巴斯岩。其他壮观的繁殖地分别位于设得兰群岛北端的赫曼尼斯、威尔士的格拉斯霍姆岛和圣基尔达群岛的博雷岛。巴斯岩约有5万对北鲣鸟，这是它们在世界上最大的集群营巢地之一。约克郡的本普顿崖壁是唯一一个位于英格兰主岛，也是观鸟者方便到达的北鲣鸟集群营巢地。

北鲣鸟是英国所有海鸟中的终极酷炫客。见识它们在空中突然折起翅膀，像箭头一般以100千米的时速扎入大海，是一种真正令人兴奋的体验；而当你发现它们这一下能潜入水下20米深的地方，就更是如此了。为了哺育雏鸟，北鲣鸟们还会飞很长的距离觅食，必要时在一次外出中就能飞数百千米。

跟英国所有海鸟一样，北鲣鸟受到法律的严格保护。只有外赫布里底群岛中的刘易斯岛北端的尼斯人可以合法猎捕它们，每年尼斯这个小社区里的成年男子会参加一次“猎杀guga”的活动。

Guga在苏格兰盖尔语中就是指北鲣鸟的幼鸟，为了捕捉它们，尼

斯人乘坐单薄的小船前往偏远的苏拉岩。一上岛，他们就开始捕杀北鲣鸟幼鸟，去除其内脏后，再用烟把肉熏好，最后在牛奶中煮熟，做成美味佳肴。赫布里底本地作家唐纳德·默里曾经回忆道，这道菜的味道和口感好像“带着熏鲭鱼味道的鸡肉”，或是更让人倒胃口的“油浸臆羚皮”。

北贼鸥

想象一下一只𫛭和一只鸥杂交，这样你就有了北方海域可怕的捕食者北贼鸥的样子。在设得兰地区，北贼鸥有个俗称，叫作bonxie，这个词某种程度上意味着即将到来的冲突。如果你不幸踏入了北贼鸥的巢区，那你很快就能领略这个名字的真实含义了。

跟北极燕鸥一样，北贼鸥会攻击一切威胁到它们幼鸟的大型生物——不管是人还是其他动物。它们攻击时不像燕鸥那样迅捷地穿梭，而更像二战时的老式轰炸机，在用强壮的翅膀给你重重一击之前，会先在空中笨拙地飞一阵。

攻击入侵者只是北贼鸥的第二天性。像其他贼鸥一样，它们是拦路抢劫的寄生者。北贼鸥紧紧追逐那些体型更小的海鸟，直到后者丢弃辛勤捕到的鱼，随后它们赶在鱼落入海中之前抓住这些食物。它们还是善于把握机会的清道夫和令人畏惧的捕食者，会在海鸟繁殖集群里制造混乱，然后趁机用自己强有力的爪与粗厚且带钩的喙，杀死像鲣鸟和鹭这样大的猎物。

不过北贼鸥也有温柔的一面。全世界一半以上的北贼鸥都在英国最北边的设得兰群岛繁殖，群岛上的小湖星罗棋布，有时它们会聚在其中的一座湖里，一丝不苟地在淡水中扭动和旋转身体，确保全身羽毛能得到彻底的清洁。

全世界只有1.6万对北贼鸥，这使得它们成为英国所有繁殖鸟中数量最稀少的种类之一。幸运的是，近来它们的数量呈现增长，这部分得益于拖网渔船丢弃了更多渔获，而北贼鸥能够从海面捡食这部分食物。

离开夏季繁殖地后，北贼鸥常被见到沿着英国海岸迁徙。这时深棕色的它们看起来很像是两翼较短的深色亚成鸥类。不过即便距离较远，你也能通过翅上显眼的白色斑块认出北贼鸥来。

暴风雨天气中，北贼鸥会靠近岸边活动。迎着凛冽的秋风，它们的飞行姿态看起来显得笨拙。可它们一旦发现潜在的猎物，又会立刻迸发出惊人的速度。

金黄鹂

高大笔直的杨树使英国乡村染上了一丝欧洲大陆的风情，让人联想起法国北部运河沿岸那长长的林荫道。在安格利亚地区一些地方的杨树林间回荡着一种明媚的、带着热带风情的鸣叫，那就是金黄鹂悠扬的歌声。

它不仅名字带着异国的情调，外形更加名副其实。金黄鹂雄鸟的大小如欧歌鸫一般，全身都是炫目的金黄色，黑色的两翼和鲜红色的喙与身体对比鲜明。很少有比它更加光彩夺目的鸟儿了。

尽管有着耀眼的外表，金黄鹂却总隐藏在随风飘动的杨树叶中，除非它从一排杨树飞到另一排杨树，否则极难被发现。它们“喂啊喂哦”的歌声和像猫一样急促的叫声，才是确定这种习性隐匿的鸟类位置的最佳线索。

直到20世纪60年代末，金黄鹂还是英国很少见的旅鸟，在它们春秋两季往返于欧洲大陆和非洲的旅途中，会有几只于此稍作停留。但在我们为了制造火柴而开始种植杨树之后，这种鸟就在英国找到了理想的栖身之所。

繁殖时的金黄鹂喜欢通风的开阔林地。它们待在高高的树冠里，选择树枝分叉的地方搭建一个杯状巢，这样腼腆的、偏绿色的雌鸟随时可以隐身于摇曳的树叶之间。杨树不仅提供了充足的筑巢位置，还是很多大型昆虫和毛虫的食源植物，这下金黄鹂吃住都不愁了。

20世纪末，有多达30对金黄鹂在英国繁殖，但如今它们的好运气慢慢消失了。由于不再需要用杨树来制作火柴，这些树木长成之后就被砍伐，不再补种，金黄鹂的数量也随之下降了。

保育工作者开始重新种植杨树，试图以此来阻止金黄鹂的数量下降，但是目前野外只剩下一两对金黄鹂了，拯救这种华丽鸟儿可能为时已晚。将来，要想听到或见到这羽色艳丽的歌者，只能寄希望于每年五六月迁徙时途经英国的过客了。

白喉林莺

当山楂树白花翻涌，犬蔷薇开始绽放，就到了聆听白喉林莺鸣唱的时候了。从路边最密的篱笆下，或者从一片灌木丛的深处传来一串响亮的喳喳声，便是白喉林莺到来的最初迹象，这宣告着英国行踪最隐秘的夏候鸟已经从非洲回来了。作为林莺的一员，白喉林莺的歌声显得有些平凡：一声软绵绵的、似乎略带歉疚的嘟哝，接着是一串更尖亮的音节，令人想起黄鹀那更为著名的歌声。

比起近亲灰白喉林莺，白喉林莺的体型更小，性格也更为害羞，这让它们很容易被人忽略。如果有机会在一只白喉林莺跃上山楂树花枝的瞬间看到它，你会注意到它背灰腹白（腹部有时还染有粉红色），还配有一个黑色面罩，看起来相当精干。

为了吸引配偶，白喉林莺雄鸟除了尽情歌唱，还会建一个以上的未完成巢。当它最终成功吸引到了配偶，它就停止鸣唱，全力以赴将巢修缮完工。通常它会把巢建在长满荆棘的篱笆最深处，在这里卵和雏鸟才能远离捕食者的威胁。

除了夏季偶尔迸发出来的歌声，另一个见识白喉林莺的机会通常出现在它们即将迁离英国之时。8月末至9月初，白喉林莺会尽情享用灌木浆果美餐，它们尤其喜欢接骨木和悬钩子的果子，被这些柔软的紫色浆果吸引来的昆虫也会成为它们的食物。如果仔细观察，你可能会发现，这些小鸟在浓密的灌木中钻进飞出，像极了生活在珊瑚礁里的鱼儿。它们胸腹部的雪白羽毛也被接骨木和悬钩子的果汁染上了紫色。

这种享乐主义自有其用意，迅速积累脂肪对于白喉林莺来说非常重要。不同于其他在英国繁殖的莺类，白喉林莺并非直接向南飞往非

洲，而会先向东绕过地中海，穿过中东地区，然后才汇流南下，进入撒哈拉沙漠以南的干热灌丛。那里的环境跟白喉林莺夏季栖身的英国乡间的茂密树篱相比，可谓天壤之别。

普通鸬鹚

普通鸬鹚最经典的形象是一只样貌笨拙、颜色暗黑、体型巨大的海鸟。它站立在海水冲刷的礁石上，翅膀向两侧伸展，活像纹章上的图案。高高耸立在利物浦默西河两岸的著名的利物鸟，就有着普通鸬鹚晾翅的典型姿态。

但海栖环境只是它们生活全景的一部分。在21世纪的英国，普通鸬鹚越来越多地选择到内陆生活，将它们那鸟粪斑驳、粗制滥造的巢筑在大树上，并且远离“咸水”，到淡水湖泊、河流和砾石坑里捕鱼。在这些地方，你会见到它们弯曲如蛇的颈部像潜望镜一样伸出水面，或看到它们特别突兀地蹲在高压线塔上吞咽刚刚抓获的鱼，似乎在嘲讽悬挂在旁边的“禁止捕鱼”的标牌。

这种栖息地与生活习性的改变，可能源于内陆湖泊和砾石坑的增加，但这种变化把普通鸬鹚置于垂钓者的对立面了；论捕鱼的能力，它们可远远胜过了人类。一进到水里，普通鸬鹚所有的笨拙举止都消失了，它们追逐猎物时扭动自如，转身轻盈。清除鸬鹚的呼声受到了保育工作者的坚决抵制，但即便如此，这些鸟儿还是常常被杀害。

如果仔细观察，你就会发现，普通鸬鹚并不像从远处看起来的那样通体乌黑暗淡。在繁殖季里，它们的腿上闪耀着白色的斑点，头上顶着银色的饰羽，看起来风度翩翩。

过了繁殖季，普通鸬鹚成群聚在一起，它们常常站立在水边的树上，有时候数量可达数百只。在冬季，普通鸬鹚结成黑色中队，滑翔着掠过天际线，英国内陆水域上的这种奇景带着远古的气息，令人难忘，又有点不协调。

蚁䴕

蚁䴕那高亢的、像红隼一样的声音，曾经在英格兰南部的果园里四处回荡。今天，这些外形怪异、羽色奇异的种类作为英国的繁殖鸟，已经几乎绝迹了。

蚁䴕数量的减少始于20世纪早期，最初这种趋势很慢，随后开始加速，直到鸟儿最终消失。它们的消失之谜还没有被完全解开，但可能跟一段时期内的凉爽的夏季有关，这样的气候导致了蚁䴕最主要的食物—蚂蚁的数量降低。

蚁䴕是啄木鸟家族的一员，但它们的外形一点也不像森林和花园里那些引人注目的大斑啄木鸟或绿啄木鸟。蚁䴕的羽毛上点缀着玄妙而精巧的虫形花纹，身上纵纹和横纹交错，有着地衣一样的灰色、棕色、黑色和米色。所有这些图案和花色糅杂在一起，让蚁䴕活像一块会动的树皮。

蚁䴕为什么会有这样一个不寻常的英文名字呢？[10]这源于它的一种在所有英国鸟类中独一无二的奇特习性。蚁䴕可以把头扭转到一个不可思议的角度，并在扭转时发出“嘶嘶”的声音。这个模拟蛇的行为得以演化，是为了把袭击它的树上洞巢的捕食者吓跑。而在我们的祖先看来，这个行为又衍生出挑逗的意思。

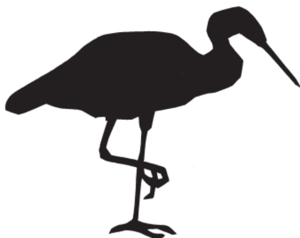
古希腊人和古罗马人相信，如果把蚁䴕绑在旋转的轮子上，就能

诱惑潜在的配偶，或者会失去现在的情人。他们把这种行为叫作iynx。如今，蚁□的学名是*Jynx torquilla*，与属名相关的*jinx*一词意为“诅咒”，而种加词*torquilla*的意思是“扭转的小家伙”，这源于它们扭头的习性。

夏天在苏格兰高地上，你或许有一线听到蚁□叫声的希望，这里和过去它们出现的地方遥遥相对。近年来有几对蚁□在此繁殖，几乎可以肯定它们是来自斯堪的纳维亚地区。

但要想看到这种奇怪的鸟类，最好的时机是东部沿海某个秋季的早晨。有时小径的转角会突然出现一只比林莺略大、长着长尾的灰色鸟儿。当你小心地靠近时，你能观察到这鸟儿的羽毛带着杂乱的纹路，腹部贴着地面，粉色的长舌头探寻着草皮里的蚂蚁。你找到蚁□了！

白鹭



在英国南部的河畔或湿地漫步时，一只白鹭的出现会让人为之一振。它外形优雅，羽色像洗衣粉一样洁白，或扇动着宽大的翅膀在空中起起伏伏，或神不知鬼不觉地捕食着猎物。

在许多观鸟者的记忆里，不久以前，我们只有在地中海度假时才能看到白鹭。事实上，这种优雅的小型鹭类带着典型的南欧异国情调，绝不是我们国家随处可见的鸟类。

之后，也许是由于全球变暖，在20世纪80年代末到2000年的这十多年里，一切都改变了。以前白鹭一直都是一种偶尔来访的少见候鸟，有时即使出现也只有两三只。没有人能够想到，这种迷人的鸟类会以大规模集群的方式出现在英国南部的河流三角洲和海岸，每群能有20只，甚至更多。在那里，它们小心翼翼地潜到游鱼附近，细长的黑色喙突然刺向猎物，仿佛一把利剑。

到了20世纪90年代中期，白鹭已经开始在这里繁殖，它们会像苍鹭一样把鸟巢建在树冠层。几年之内，它们就遍布各地了—至少是在英国南部。河流、小溪、池塘、湖泊里都有它们的身影。它们的分布范围很快就向北扩展到威尔士和米德兰兹，现在已经一路挺进英格兰北部乃至苏格兰。只有最北部的边境地区还没有出现白鹭巢。

目前约有1 000对白鹭在英国筑巢繁殖。最近，白鹭那体型更大、身姿更优雅的亲戚大白鹭也开始在英国繁殖了。但是，即使到今天，我们还是很难接受这个现实；要知道，这些有着异国长相的生物真的不属于这里。

矶鹬

高地的河流迅疾奔涌，一串高频的哨声穿透了水声，这是附近有矶鹬的明确信号。和其他生活在这样特殊栖息环境里的鸟类一样，矶鹬演化出了高频率的叫声，这让它们可以在湍急水流发出的噪声中相互沟通。

不一会儿，它高速扇动着翅膀出现了。这是一只体型和椋鸟差不多大的涉禽，外表精干整洁，头部和前胸呈棕色，腹部为白色，背部则是橄榄褐色。

矶鹬同灰鹡鸰、河乌一样，与高地上的小溪、河流或苏格兰的湖滨紧密相连。这样的环境里，这种鸟儿在水面上轻快地忽沉忽浮，一瞬间又弹出那弯弓一样的翅膀飞离地面。

这些熟悉的画面让人很难想象矶鹬在冬季迁徙到西非以后的生活场景。在那里，它们穿梭于象、河马和斑马之间，饮水和沐浴全部在泥泞的水坑里完成。维多利亚时代的人已经多少知道了矶鹬迁徙的习性，从而把它们叫作“夏季的沙锥”。

矶鹬主要在英国西部和北部繁殖，那里是它们最喜爱的栖息地。它们将巢隐藏在水边茂密的植被中，雏鸟一经孵出就能以被水体吸引来的昆虫为食。

无论你生活在哪儿，你都有机会在矶鹬迁徙时看到它们。在南来北往的旅途中，它们总是会在低地的水塘、运河、溪流边停歇。它们在那些水边的淤泥里来回寻觅，啄食昆虫。有少数矶鹬还会留在英国过冬，它们往往选择相对温暖的西南部的溪流和河口，在那里，矶鹬那高亢的鸣叫给冬季的景观带来了一线生机。

鸲蝗莺

如果你听到了鸲蝗莺那嗡嗡的叫声，你就可以把自己算作幸运儿了。这种隐藏在芦苇丛里的鸟是我们最罕见的繁殖鸟类之一，而那种更常见、分布更广，却同样难以捉摸的黑斑蝗莺则和它们是亲戚。这两种鸟同属于蝗莺属，这个属的学名*Locustella*在拉丁语里意味着“小蝗虫”，而它们的叫声也确实更像是昆虫而非鸟类。

两种鸟类的声音都像是钓鱼竿上的手轮放线的声音，这是绵延不断的嗡嗡声，在远处时又像电缆线上放出的静电声。比起黑斑蝗莺，鸲蝗莺的声音略有不同，它在音调上稍低一点，并且可以毫无停顿地延续几分钟。

鸲蝗莺的歌声从芦苇茎秆半高的位置传出，鸣唱的鸟儿往往躲在一大片芦苇丛中最密的地方，让观鸟者几乎无法直接看到它。这位歌者偶尔会攀爬到芦苇的顶端展现自己的身姿，尤其是在清晨和黄昏时分。一睹真容之后你也许会感到扫兴：除了那只明显更圆的尾巴以外，鸲蝗莺长得太像是一只体型略大、羽色稍齐整一些的芦苇莺了。然而，对于投入的观鸟者而言，观察到一只鸣唱的鸲蝗莺总是值得庆祝的，因为它们的魅力就在于稀少难见。

和所有的莺类一样，鸲蝗莺（它英文名中的Savi’s很偶然地来自19世纪的一位意大利博物学家）也是一种从非洲迁徙到英国的鸟类。每年春季和初夏，只有少数几只鸲蝗莺会稳定地到达英国，主要是在东部和南部地区；稍多一些的鸲蝗莺会定期出现在诺福克、萨福克和肯特郡。尽管鸲蝗莺会在咫尺之遥的荷兰筑巢繁殖，但在英国它们还只是勉强维持着弹丸大小的繁殖区域。

湿地苇莺

在一个明媚的6月清晨，当你漫步在英格兰东南部的湿地之畔，你会听到步道旁的小灌木丛里传出青山雀的歌声。这并没有什么特别的。但片刻之后，它变成了芦苇莺的声音，之后是新疆歌鸲，接着是云雀、蛎鹬、红隼，以及一连串你根本无法辨认的声音。这歌声带着更多非洲的痕迹，而不是肯特郡或苏塞克斯郡的风味。

但那片灌木丛里并没有一个编制完整的鸟类乐团，而是仅有一只湿地苇莺。这种外观毫不吸引人的小鸟简直就是鸟类学界的自动点唱机，它能够模仿十几种不同的鸟鸣，并在一次歌唱中一股脑地爆发出来。

总体而言，现在人们已经发现它们能够模仿大约100种欧洲鸟类的鸣叫，而它们能够模仿的非洲鸟类甚至更多，加在一起已然超过了200种。它们在繁殖地学习周围的鸟叫，迁徙到非洲东南部的越冬地时也同样如此。在非洲，它们听到的可是完全不同的鸟类组曲了。

这种相貌平平的小鸟如何获得了这么非凡的本领，这一问题困扰了科学家很长时间。现在，科学家们认为这是在繁殖期的雄性对手“扳手腕”的过程中形成的。那些唱得最好、曲目最多样的雄鸟能赢得最好的领域，吸引到最健康的雌性。之后，经过自然选择的过程，湿地苇莺将这种模仿能力传递给了后代。它们这种无与伦比的歌唱本

领就像是听觉领域的孔雀尾屏，也和后者一样拥有惊人的魅力。

不鸣唱的时候，湿地苇莺并不好辨认，因为它长得实在太像它那更为常见的近亲芦苇莺了。当然，除了那难以置信的歌声以外，它们在选择栖息地时也有所不同，这些差异也许是辨别它们的最佳指征。

芦苇莺偏好在芦苇丛中做巢，而湿地苇莺通常是在高耸而茂密的水边植被中筑巢。柳兰丛或者荨麻地是湿地苇莺最喜欢的环境，在那里，它们编织出带有“篮子提手”的结构，把巢固定于植物的茎秆。

直到20世纪末，还有一小群湿地苇莺在伍斯特郡南部，沿着塞弗恩和埃文河谷繁殖。然而让人遗憾的是，它们现在已经从那个地区消失了。今天只在英格兰最东南端还有少数几对湿地苇莺筑巢，这里紧挨着邻近的欧洲大陆上大得多的繁殖种群。不过，6月间湿地苇莺确实还会在其他地方出现，所以，请竖起耳朵寻找那独一无二的歌声吧—那仿佛是整个清晨鸣禽合唱团浓缩于一只小鸟。

芦苇莺

从芦苇丛深处传来一阵重复的啾啾声，这富于韵律的声音也许是一种害羞的小鸟从非洲越冬地返回英国的唯一迹象。这种鸟也因此得名芦苇莺。

不同于许多长距离迁徙的鸟类，芦苇莺的生存状态还算不错，这也许是因为我们创造了更多的砾石坑和天然水库，为它们提供了更多适合芦苇生长的环境。芦苇莺的种群也正在向北扩散，如今已经可以在苏格兰南部有规律地繁衍了。

芦苇莺的声音很容易和它们的近亲水蒲苇莺混淆。但芦苇莺的鸣唱是重复且带有韵律感的，而水蒲苇莺的鸣唱则是让人激动的爵士乐风。水蒲苇莺在鸣唱时常常飞到空中，有自尊心的芦苇莺可不会这么做。

如果你能瞥见一只正在鸣唱的芦苇莺，你就会发现这只鸟身形瘦小，羽色是单调的棕色，腹部则是略浅的米色。用观鸟者的用语来描述，这就是典型的“棕色小家伙”。但你可能还会钦佩它拥有站在垂直的芦苇属（通常是普通芦苇）茎秆上的特异功能，它常常叉开腿，同时攥着两根茎秆，身体向上，努力从附近的叶片上拽下昆虫。

芦苇莺和芦苇的关系就好像观鸟者和望远镜的关系一样，秤不离砣。它们总是在芦苇茎秆间筑巢，编织能力可以和非洲的织雀相媲美。芦苇莺把草编织成篮子形的巢，将它固定在几根芦苇茎秆之间，

雌鸟会在巢里产下多达6枚的带斑点的浅绿色鸟蛋。

对于像貂这样的捕食者，再没有更好的防御办法了，因为貂不可能爬上柔软的芦苇茎秆。但有一种鸟却挫败了芦苇莺的策略，甚至还戏耍了它们。

大杜鹃会在每个芦苇莺的鸟巢中产1枚卵，1只大杜鹃最多可以在20只芦苇莺的巢里产卵，而每一枚杜鹃蛋都是一颗嘀嗒作响的定时炸弹。杜鹃雏鸟孵化出来后，会粗鲁地把同窝的芦苇莺后代挤到巢外，不论是芦苇莺的雏鸟还是卵，最终都跌进水汪汪的坟墓之中。

之后芦苇莺就会全心全意地喂养这个巨型的杜鹃宝宝，它们疯狂奔忙，以获取足够的昆虫来满足杜鹃雏鸟。大杜鹃孵出约三周以后羽翼丰满，此时芦苇莺纤小的巢已经无法容纳身形巨大的它了。它的身体罩住了巢的四周，好像一个相扑选手卡在小小的浴缸里一样。

一些芦苇莺的亲生孩子躲过了寄生杜鹃的迫害，它们在孵出几周后就可以飞翔了。之后它们就像所有青涩的未成年人一样，努力在芦苇茎秆之间攀爬，口里有节奏地低声哼唱，学习它们父辈的歌曲。接下来，它们饱餐美味的蚜虫，迅速增加自己的体重，然后就开始了漫长而危险的南下非洲之旅。

7月

黍巫鸟

黄鹂

欧斑鸠

白嘴端凤头燕鸥

欧亚𫛭

鹗

长脚秧鸡

白腹毛脚燕

煤山雀

林鹨

银鸥

普通翠鸟

黄道眉鹀

斑鹟

小黑背鸥

雀鹰

小嘴鸻

红颈瓣蹼鹬

黑眉信天翁

草原石䳭

红隼

白额燕鸥

红背伯劳

扫码欣赏图片和鸟鸣

引子

7月里，鸟类世界的主题开始发生变化。无论是候鸟还是留鸟，它们中的大多数已经抚育出了至少一窝雏鸟，有的则仍在照料巢里的小家伙。与此同时，秋天的第一缕迹象已然显现，较早迁徙的候鸟已经动身，那些向南迁往地中海或非洲的种类也在陆续经过英国。

对于像鹀这样行动较晚的种类而言，繁殖周期才刚开始。在日渐成熟的作物间，黄鹀、黍鹀和黄道眉鹀的雄鸟依然在正午阳光下鸣唱，它们的配偶则正在忙着孵卵或喂养弱小的雏鸟。黍鹀雄鸟可以有十几只甚至更多的后宫佳丽。

在高树上废弃的乌鸦巢中，燕隼让自己的繁殖时间与家燕和白腹毛脚燕幼鸟出巢的日子完美重合，这些稚嫩的幼鸟比它们老道的家长更容易被抓到。即便是在最热的天气里，林鹨也会在石南灌丛和林间空地表演它们如纸飞镖般的鸣唱炫耀飞行。到了夜晚，同样的灌丛中响起夜鹰呼呼飞过的声音，还有长耳鸮宝宝发出的像吱吱作响的门似的刺耳噪声。尽管鹪鹩、林岩鹨和一些莺类会继续鸣唱到这个月末，但来自鸟类的优美歌声已经式微。

如果你知道去哪里探寻，你会发现世界远未宁静。林中到处是混群的小鸟，它们在林下灌木里游荡，有时数量会有上百只，大家聚在一起，可以减少被雀鹰捕食的风险。若你站在一片林间空地上等待鸟群经过，你应该能见到和听到银喉长尾山雀、青山雀、煤山雀、大山雀，其中混杂着戴菊、叽喳柳莺和其他一些莺类。旋木雀和普通□有

时也会入伙，而观察这样的混群就能知道这个繁殖季大家的成效如何。

郊区的庭园中，欧乌鸫幼鸟在灌木丛里轻吟，头顶上成群的普通楼燕竞相欢叫着掠过街道，在空中捕食高飞的昆虫和飘浮的蜘蛛，以此来庆祝夏天。从现在开始，楼燕幼鸟可能会在十八个月或更长的时间里不再着陆。到了7月末，许多楼燕幼鸟便已经踏上前往非洲的空中之旅。住所附近的白腹毛脚燕正在喂养它们日渐成长的雏鸟，它们那粗粝的叫声是仲夏的配乐，也是我们屋檐下的非洲节拍。

英国北部和西部岩质海滨的庞大海鸟繁殖集群里正酝酿着离开的动议。盛夏的夜里，许多崖海鸦母亲在鼓励自己的独子跳下栖身的悬崖，来到海面，父亲正等候在那里，以便护送幼鸟去外海度过一年中剩下的时光。

7月也是怪异羽饰出现的时节。青山雀和大山雀的幼鸟就像是水洗褪色的成鸟，而未成年的欧亚鸲浑身带着点斑，胸前的橙红色要到9月第一次换羽之后才会出现。

这时的紫翅椋鸟看起来尤其令人疑惑。褐色的幼鸟跟带有金属光泽的成鸟一起在草坪上觅食的时候，它们看起来根本就是两个完全不同的种类。城市的屋顶上，褐色的鸥类雏鸟开始尝试首次飞行，尽管从今以后它们就得独立生活了，但在我们头顶绕圈飞过时仍会发出尖细而显得谄媚的乞食声。有时你会在城镇上空看到椋鸟和鸥在表演着空中芭蕾，这意味着蚂蚁正在群飞。天空中无数飞舞的蚂蚁是难以抗拒的目标，同时也是对幼鸥飞行技巧的极大考验。

在6月末出现鸻鹬类过境的一丝苗头之后，7月就能见到真正的迁徙开始了。在本地的沼泽或砾石坑关注南迁的鸟儿是很值得的，它们往往是没能在北边繁殖地找到配偶的倒霉蛋。尽管我们这里依然夏日炎炎，但青脚鹬那三音节的叫声提示着秋天已然不远了。欧柳莺和草原石䳭的幼鸟也开始加入青脚鹬南迁的旅程，前往非洲的路上很快就会注满迁徙鸣禽的洪流。

黍鹀

远处电话线上停着一个黑点，它发出的尖厉啸声在周围成熟的庄稼上空飘荡，这就是雄性黍鹀在竞争者面前捍卫自己领域的场景。仲夏时分，在构成我们低地景观的那些起伏的谷物田地里罕闻鸟语，曾经被称作“大麦地里的肥鸟”的黍鹀却是个例外。

一连几个小时它都在歌唱，哪怕口干舌燥也不停歇，它的声音可以比作一串变换着音调的金属摩擦音，又很像自行车轮空转时发出的声响。即使在白日当空的正午，黍鹀也会站在显眼的位置鸣唱，它所站的地方或许是灌木篱墙中的一棵大树、一根篱笆桩，也可能是一棵很高的植物。

每个夏天，黍鹀那金属摩擦般的嗓音总在成熟的谷物田地中回荡，主要是在从威尔特郡到诺福克郡的东南部农耕区。但在它们曾经的领地—英国西北部的广袤田野里，这种好像注射了激素的麻雀似的棕褐色肥胖小鸟已经彻底沉寂。为了最大限度地榨取土地价值而产生的机械化农耕技术，完全摧毁了黍鹀那繁复的乡村生活。

跟近亲黄鹀一样，黍鹀的繁殖季比较晚，通常到了7月甚至8月，雏鸟仍然在巢里。因此，在晴朗的夏季，当作物收割提前时，黍鹀巢往往就葬身在联合收割机无情的利刃之下了。

秋冬季节的情况一样糟糕。全年化种植的趋势使得耕地里很少有或完全没有遗漏的种子，黍鹀多数分布区内那种作物残茬满地的景象已成过往。

黍鹀四处扑腾时，细小的腿脚蜷缩在身下，可能看起来又乏味又笨拙，但其貌不扬的雄性黍鹀却是名副其实的鸟中西门庆，一个繁殖季里它拥有的配偶可能多达18个。

雌性黍鹀把巢建在谷物的茎秆之间，或是耕地边缘的灌木丛里面。它们用草叶编织精巧的杯状巢，在里面产下带有褐色斑点的卵，数量可多达5枚。在黍鹀数量依然较多的地方，雄鸟们会不厌其烦地大声鸣唱，只有这样它们才能在情敌面前守住自己的后宫。

黄鹀

关于黄鹀的歌声，最常见的谐音解读是“只要一点面包，不加奶酪哟！”（a little bit of bread and no cheeeeese!）就像草莓和奶油、板球比赛和公共假日的大堵车，这样的旋律已经成了英伦夏天重要的一部分。

若听到了黄鹀的歌声，你也可能想用自己的方法来加深记忆。比尔·奥迪发明了一个著名的比喻，他将其联想成乡间的一个挤奶女工被好色的工人调戏时所喊的：“别、别、别、别、别，求求你……”（No-no-no-no-no pleeeeease...）

需要提一下，黄鹀英文名（yellowhammer）里的hammer（锤子）一词，跟它们充满打击乐节奏的鸣唱无关。这个词源自德语ammer，意思就是“鹀”。

端详黄鹀的雄鸟，你就会原谅自己曾把它认作逃逸到野外的金丝雀。它站在绿篱上鸣唱时，鲜艳的硫黄色头部和带着棕色、黑色条纹的身体对比鲜明。

雌黄鹀则要低调得多，它橄榄棕色的羽毛上略染黄色，飞行时露出跟雄鸟一样的锈红色腹部。

为了躲避捕食者，雌黄鹀把用草叶编织成的巢建在绿篱底部或茂密的灌木丛里。它的卵上有一系列纤细的斜线，可以起到伪装色的作

用。先人们也因此把黄鹀称作“会写字的云雀”或“涂鸦百灵”。

威尔士人则认为这些图案显然像蛇，因此黄鹀的威尔士俗名直译过来就是“蛇的仆人”。当地人误认为黄鹀可以向蛇警告迫在眉睫的危险。

欧斑鸠

在所有能让人联想到慵懒而朦胧的夏日的声音当中，最为深入人心的可能要属欧斑鸠那松弛的咕噜声。它舒缓的叫声也是《圣经》中提到的第一种鸟鸣，《旧约·雅歌》提到“百鸟鸣叫的时候已经来到，斑鸠的声音在我们境内也听见了”。

在地中海周边，欧斑鸠是春天真正的预兆，但等它们飞到英国来的时候，春季正当其时。5月繁花压满高耸而厚实的绿篱，鸣叫的欧斑鸠则藏身其中。花朵和枝叶像茧一样包裹着它们，人看不到发声的鸟儿，全部感官都被那无处不在的歌声左右。

有时欧斑鸠会停在电话线上，为我们提供一个近距离观察这种英国最小斑鸠的机会。它的体型比欧乌鸫大不了太多，背部有着漂亮的赭红色和黑色鳞纹，颈部两侧是黑白相间、对比强烈的条纹，好似鲨鱼的鱼鳃。飞行时，它灵活得像是一只涉禽，翅上的蓝灰色区域和深色尾羽的醒目白色端都清晰可见。

在灌木丛、石南丛的边缘，或围着高高树篱的杂草丛生的耕地上，欧斑鸠生活得最为开心。然而遗憾的是，今天在英国的大部分地区已经再也听不到欧斑鸠的声音了。这种曾经常见且分布广泛的农田鸟类减少的速率超过了其他任何种类。自1970年以来，它们的数量减少了90%以上，并且仍在急速下跌。据预测，按照现在的趋势，欧斑鸠在2020年之后不久就将从英国彻底消失。

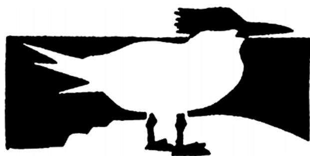
更让人担忧的是，欧洲其他地区和西亚的欧斑鸠繁殖区内都呈现了同样的自由落体式的种群减少，因为它们正经受着三重打击：在英

国，它们的栖息地急剧减少；在撒哈拉以南的越冬地，它们则遭遇大旱；而在迁徙路线上，无论往返，它们都面临着大规模捕杀。

每年春秋两季的迁徙中，欧洲正在急剧减少的欧斑鸠种群要在飞越地中海时冒着成千上万支猎枪射出的弹雨。在像马耳他或西西里这样的地方，每年有大量的迁徙候鸟被猎杀，欧斑鸠尽管飞得很快，但高度很低，因此受到的危害也最大。

现在这个物种已经被称作“欧洲的旅鸽”，这是关于它们命运最为悲伤的预言。在这一决定命运的最后时刻，人们已经开始采取行动，阻止这样无情的猎杀；但对于欧斑鸠来说，这或许已经太晚了。

白嘴端凤头燕鸥



夏日里的一次海滨之旅，可能就会让你看到并听到在英国繁殖的体型最大的燕鸥。即使从远处观望，你也能看到它那两翼尖长、似亮白色鸥类的独特身形。再加上尖厉的双音节声音“kirr-ick”，这无疑就是白嘴端凤头燕鸥了。

与鸥科的大部分鸟类一样，白嘴端凤头燕鸥主要生活在海滨，它们在沙丘、卵石海滩及近海岛屿上形成嘈杂而拥挤的繁殖集群。这种迷人的鸟儿养育后代时发出刺耳的喧嚣声，从清晨到黄昏一刻不停。细看之下，它们还真是漂亮：雪白的腹部配上珍珠灰的背部，头上则有乌黑蓬松的羽冠，还有一只锐利的锥形喙。喙几乎全为墨玉色，但喙端为黄色。

早在3月，白嘴端凤头燕鸥就沿着加纳和塞内加尔的海岸线，从位于西非的越冬地迁回英国。它每次产1到2枚卵，从卵中会孵化出毛茸茸的雏鸟。雏鸟的绒毛带着斑点，形成了完美的保护色，可以躲避来自空中的大型鸥类和鸦类，或是地面上白鼬、老鼠和赤狐的捕杀。

白嘴端凤头燕鸥不同寻常的英文名（Sandwich tern，意为“三明治燕鸥”）源于肯特郡的三明治镇。1784年，一位名叫威廉·博伊斯的外科医生兼业余鸟类学家在这里第一次采集到了白嘴端凤头燕鸥的标本。他的同事约翰·莱瑟姆医生把标本鉴定为鸟类新种。与波纹林莺、环颈鸻一样，白嘴端凤头燕鸥是极少数以英国地名来命名的鸟类。出于巧合，这三种鸟依据的命名地都在肯特郡。

现如今，这个英文名字对于这种在全球旅行的鸟儿来说已经太狭隘了。在大西洋两岸，全球七大洲中的五个大洲上都有它们的身影。

欧亚

在一条林木茂盛的威尔士河谷上空，欧亚𫛭正在盘旋。它两翼上举，呈浅浅的“V”字形，头则俯下来检视覆满蕨类植物的山坡，搜寻着猎物。直到不久以前，我们还习惯于把这样一幅典型场景与偏远的英国西部高地联系在一起。但作为英国所有野生生物中最富戏剧性的恢复案例之一，这种身材粗短壮实的猛禽已经再次回到低地地区了。自上一次英国鸟类学基金会的普查以来，在约二十年的时间内，欧亚𫛭的分布范围不断向东、向南扩展，最终它们出现在了英格兰的每一个郡。

有着多达75 000个繁殖对的欧亚𫛭，已经超过了红隼和雀鹰，成为英国数量最多的猛禽。它们会发出哀怨的“咪咪”声，尽管就这样粗壮的大块头而言，这声音听上去实在有些孱弱，但它在乡间正变得越来越为人所熟知。

如今在建筑密集的区域也能经常看见欧亚𫛭了，你往往会见到它们蹲守在电线杆或篱笆顶上注视下面小型哺乳动物的活动，或是搜寻着路边被车撞死的动物的尸体。欧亚𫛭是食性广泛的机会主义者，会跟在铁犁后面搜寻被翻出地面的蚯蚓，或者静候在鼹鼠堆旁等着猎物冒头。最常见的情形还是它们张开翼展1米或1米以上的翅膀，在自己

领域上空来回翻腾、翱翔。晴朗的日子里，它们利用宽阔的翅膀借助上升热气流盘旋，以此宣示自己的领域范围。

欧亚𫛭命运迅速反转的原因其实也很简单，今天它们已不再受到像滴滴涕（DDT）这样用于农业的化合物的毒害了。20世纪50和60年代，这些农药曾大大减少了欧亚𫛭的数量。当年引入多发黏液瘤病以控制野兔数量的短视行为，也同样影响到了欧亚𫛭，因为野兔恰好是它们的主要食物。如今的农夫和猎场管理员也不再定期射杀或毒杀欧亚𫛭了。

但是目前欧亚𫛭的回归却受到了一些雉鸡繁育者的关注，他们觉得自己的猎禽会受到这种猛禽的威胁。他们甚至已经要求政府在一些地区签发捕猎许可证，以便控制繁殖的欧亚𫛭数量，保护雉鸡雏鸟。

苏格兰的欧亚𫛭一直都相当常见，在那儿它们被戏称为“观光客的雕”，因为从南边来的游客总是会把欧亚𫛭和体型更大、更加雄壮的金雕搞混。

鹗

一只鹗把利爪插入苏格兰的某座湖泊的水面，在晶莹的水花中一闪，一条鲑鱼就被它抓了起来—这样的场景实在是令人激动。大多数猛禽都捕食哺乳动物或鸟类，鹗却是真正的食鱼动物，并且有着为捕鱼而准备的全副武装。它的脚和趾上有粗糙的鳞片，一个外脚趾可以向后翻转，使它在飞行中也能抓牢滑溜溜的鱼。这种鸟还能把尾羽腺分泌物涂在羽毛上，形成防水层，为壮观的入水捕鱼做好准备。

鹗有着令人无法抗拒的英俊外貌，背为深棕色，腹部雪白，修长的翅膀远看像是海鸥。仔细观察，你还能看到白色的头部和深色的眼罩。它们的英文名（osprey）来自拉丁语ossifraga，原意是“碎骨者”，联想到其食鱼的习性，这个来源多少有些反讽意味。它们更恰当的名字是如今很少有人使用的“鱼鹰”。

这种非凡的猛禽现在已是英国景观的一部分，然而它们重回这里繁殖的时间，也才刚过五十年。

从中世纪这些让人印象深刻的猛禽劫掠鱼塘开始，鹗与人类的关系就一直不太融洽。19世纪期间，鹗也和其他的猛禽一样遭受了无情的迫害。而一旦它们的数量减少，这些鸟类和卵又成了收藏家的目标。人们渴望向朋友炫耀一只鹗的标本，或鹗的一窝卵。

20世纪初，鹗作为繁殖鸟已经从英国消失。只有每年春秋两季，当它们往返于非洲和斯堪的纳维亚时，才会有几只鹗途经英伦三岛。不过1954年春，一对鹗在苏格兰高地斯佩塞德的加腾湖地区停了下

来，并在此安家繁殖。

鹗的确是回来了，但可能并不长久。鸟卵收藏者一直觊觎这些新来的繁殖鸟，1959年，皇家鸟类保护协会发起了“护鹗行动”，这是一个军事化的举措，目的是守卫鹗的巢和它们珍贵的卵。鹗缓慢却稳定地存活了下来，并开始扩散到其他地区。今天在苏格兰有200个以上的繁殖对，并且鹗在威尔士和英格兰也开始筑巢繁殖了。在英格兰中心最小的郡，鹗还得到了拉特兰水库再引入计划的大力帮助。

在拯救一个生存受到威胁的物种的同时，“护鹗行动”还成为世界范围内第一个成功的野生生物观光项目。从行动开始实施至今，它一共吸引了近300万名游客。这个项目的原型—邀请人们来参观一种罕见的鸟类在巢里的样子—已经被复制到了英国和世界其他地方，激励了很多人参与保护。

一旦鹗繁育了后代，它们就会向南迁徙到西非越冬。直到不久前，我们对它们迁徙的实际路线还知之甚少，但多亏了最新的微型发射器，我们如今可以实时追踪这些鸟类的迁徙过程。它们在秋季一路向南，穿过比斯开湾、西班牙和撒哈拉沙漠，在来年春天又原路返回英国。

长脚秧鸡

现在几乎已经很难想象，在不太久远的以前，长脚秧鸡那单调而刺耳的叫声，曾是英国乡间最寻常的声音之一。

19世纪早期，诗人约翰·克莱尔以“干草垛中的夏日噪声”来形容被他称为陆地秧鸡的鸟的叫声。正如在英国低地的其他地区一样，长脚秧鸡曾是克莱尔家乡北安普顿郡的夏季常客。它们从早到晚不停发出的声音，成为贯穿整个夏收季节的配乐。

然而，即使在过去它们数量还不少的时候，人们也不容易见到这种行踪隐秘的鸟儿的真身。克莱尔用以下诗句描写过它难以捉摸的行踪：

它像无处不在的想象

一种活灵活现的怀疑

我们知晓它是从不泄密的存在

如今观察长脚秧鸡最好的机会是去内、外赫布里底群岛的岛屿，在那儿有可能见到潜伏在鸢尾花的剑形绿叶下，或是隐藏在庄稼地周边的荨麻丛中的它们。在马尔岛西端的艾奥纳岛上，修道院的高墙间回荡着它们那种摩擦音般无休止的夏日鸣叫。如果你足够幸运，你就

能亲见一只长脚秧鸡，它通常处于飞行状态，看上去像修长的棕色黑水鸡，却有一对锈红色的翅膀。它们的飞行看起来如此无力，让人难以相信这些鸟是从撒哈拉以南的非洲迁徙到这里的。不过，它们的确是做到了。

古代农业技术总是顺应着自然规律，而现代农业则往往违背自然，长脚秧鸡也因此成了第一个受害者。机械除草毁坏了那些在手工除草中本可以幸免于难的秧鸡巢，农业中施用的化学制剂又减少了作为秧鸡雏鸟食物的昆虫数量。

至二战开始的时候，英格兰和威尔士的大多数农村地区已经没有长脚秧鸡了。而到了千禧年的时候，只有在苏格兰最偏远的西北方还能发现它们，这些地方的农民还延续着旧日的荣光，用传统方式制备干草。

长脚秧鸡的数量一度降至不到500个繁殖对，看上去它们作为英国繁殖鸟的历史可能要终结了。但保育工作者和农户之间的密切合作产生了正面效果，今天在苏格兰已有1 200只以上的雄鸟了，每只都能在一个夏夜里鸣叫20 000次！

至于那些生活在英国南部的长脚秧鸡，尽管它们远离了苏格兰的避难所，但现在也获得了新的生机。一群保育工作者将它们重新引入彼得伯勒附近的宁河湿地，目前这个项目正在稳步进行。这个项目会持续数年，但现在看起来这种神秘的“夏日噪声”很有可能重新回荡在东安格利亚的沼泽之上，而这里与两个世纪前约翰·克莱尔听到它的地方相去不远。

白腹毛脚燕

白腹毛脚燕身上的图案像是小型的虎鲸，它在清澈、湛蓝的天空中上下翻飞，追寻着细小的飞虫，喙猛地一闭就咬住了虫子。在飞行中它还发出沙沙的叫声，那是夏日里典型的声音，电台节目和电视剧都常用这声音来增加田园牧歌的氛围。

人们常常会混淆白腹毛脚燕和它的亲戚家燕，但前者的身形明显更小巧，也更为圆润，并且没有家燕那长飘带般的尾羽。白腹毛脚燕有着蓝黑色的背部和纯白色的胸腹，还有洁白小巧的臀部和覆满雪白绒毛的双脚。

和家燕一样，白腹毛脚燕是用从泥坑或池塘和湖泊的岸边收集来的一粒粒细小泥丸筑巢。它们每一次都要带上满满一嘴的泥丸，再将其紧粘在我们的屋檐下，以此来建一个反重力的杯状鸟巢。巢中最多可容纳5只快速发育的雏鸟，到羽翼丰满时，这些小鸟就只是勉强挤在这狭小的巢里了。

对一些人来说，能看到这些白腹毛脚燕的雏鸟在自己屋檐下的鸟巢里争抢食物，是莫大的荣幸；另一些人则不喜欢这些毛脚燕掉落在地的污秽鸟粪和刺耳的叫声，这也可以理解。

当然，这些鸟并不总是依赖我们生存。在人类抵达英伦三岛之前，白腹毛脚燕已经在内陆和海岸的天然峭壁上筑巢。尽管当代英国已有足够的人类房屋可供它们使用，但仍有少数白腹毛脚燕坚守在它

们古老的栖息地中繁殖。

有些白腹毛脚燕并不甘心做个郊区的寓公，更大的野心驱使它们把燕窝筑在古老的石桥和乡间别墅上，甚至是古堡里。就像威廉·莎士比亚在《麦克白》里所描述的那样，班柯在古堡里观察到：

> 这里既没有柱头、雕梁、扶壁，也没有隅石可资利用，
>
> 可这只燕子却在这里营造了它的吊床和哺育的摇篮。
>
> 我已经观察到，凡是它们经常繁育、出没的地方，空气就显得清新美妙。

白腹毛脚燕也许是我们很熟悉的鸟类，但是它们还保存着一个大秘密。迄今为止，我们还不知道它们在非洲的越冬地具体是在哪里。鸟类学家们猜测，这些毛脚燕也许靠着刚果雨林上空的昆虫度冬，但只有等我们发明出小到可以让这些鸟儿背负的追踪器，才能得出最后的答案。这一天很快就要到来了。这样一种与我们共享家园的鸟儿，身上却仍然有着未解之谜，真是非常有趣。

煤山雀

如果你听到紫杉、松树或其他常绿树林中传出玩具般的吱吱声，那有可能就是一只煤山雀了。这个声音比大山雀的歌声更高、更细，比叽喳柳莺的歌声更有韵律感。煤山雀是英国山雀科鸟类中体型最小的成员，成鸟体重仅9克。

煤山雀隐藏在针叶林的重重帷幕中，我们通常要依靠吱吱的叫声才能给它定位。如果看清楚了的话，你会发现一只小巧灵动的鸟儿，它与其他山雀相比羽色稍显暗淡。与大山雀和青山雀鲜亮的黄、蓝、绿色不同，煤山雀全身以黑色、淡黄和棕色为主，脸颊和枕部为白色，可与沼泽山雀或褐头山雀相区分。煤山雀翅上有两道白色的条纹，即便远远看去也很醒目。

因为体型太小，煤山雀在喂食器上的进餐排序中并不靠前。不像体格壮硕的大山雀，也不像瘦小躁动的青山雀，它们总是以最快的速度俯冲到喂食器上，瞬间抓起一粒瓜子或花生，再心虚似的立刻飞离。

煤山雀也会把一些食物取走存起来。它们喜欢储备食物，这种习性叫作“食物存储”。当坏天气到来，冰雪覆盖了它们日常的食物来源时，煤山雀只要能记得那些提前储备的小块食物，就能确保不会挨饿。

煤山雀偏爱针叶林，部分原因是它们那纤细的鸟喙很适合在松树和云杉的针叶间啄食昆虫。它们也可能把巢筑在树干上的洞或树根的孔隙里，一窝最多能产10枚小小的浅色卵。到了7月，林间就会回荡起吵闹的吱吱声，那是新长出飞羽的煤山雀幼鸟们在树冠间嬉戏觅食。此时你无论多么努力地搜寻，都很难在厚厚的暗绿色针叶间见到这些小家伙。

天气渐凉，由夏入秋，又由秋入冬，煤山雀常会与青山雀、大山雀、□和旋木雀等其他鸟种混成大群。混群的意义很简单：有更多双眼睛来寻找食物，并防范雀鹰之类的猛禽。

林鹨

晴朗的仲夏日中午，金雀花和石南混杂的灌丛地在热浪里闪烁。正午时分，炎炎烈日让金雀花深黑的豆荚爆裂开来，它的种子像微型子弹似的从灌木上射出。每年的此时此刻，大多数鸟儿都停止了鸣叫，要么休养生息，要么忙于捕食。只有林鹨还在用吟唱来吸引配偶、宣示领域。

雄性林鹨在歌唱时做着惊人的动作：它发出一连串渐强的旋律并冲入空中，之后又像纸飞机一样盘旋降落，恰好落在原来停栖的灌木或稀疏的树枝顶端。林鹨那独特的歌声和栖于树上的习性，使你能够把它和长相相似但偏好地面活动的近亲草地鹨区分开来。

1773年，著名博物学家吉尔伯特·怀特这样描述林鹨（当时他称之为雀百灵）："它们不仅在立于枝头时甜美地歌唱，就连飞行、嬉戏时也是一样……"

若能仔细观察，你会发现林鹨无论雌雄都是身形纤长的棕色小鸟，身上的纵纹就像它们筑巢时所用的干草。它们在石南丛、林间空地及尚未长成的人工林里筑巢。林鹨哺育雏鸟的时候，你常常能看到它们略显紧张地站立在巢附近的枝头，嘴里满满地衔着昆虫。

到了它们向南迁徙的时候，如果你的耳力好，在它们飞过头顶时你可能会听到嘈杂的叫声。至8月末，许多林鹨都已迁走，它们振翅飞越撒哈拉沙漠，到非洲的稀树草原上度过冬天。

银鸥

作为不列颠群岛最引人遐思的自然声音之一，银鸥那略带沙哑却又久久萦绕的鸣叫总能唤起人们对童年的记忆：在海边度过的暑假，冰激凌，印着俏皮话的明信片，以及印着“亲我一口”字样的宽檐帽。

正因如此，两个有关银鸥现状的事实可能才出人意料。第一，它的数量近些年飞速下降，以至于现在它已经被列入英国濒危鸟类红色名录；第二，现在大多数银鸥完全不在海边栖息了。

这些变化始于1956年，二战后的伦敦及其他英国城镇一直笼罩在由燃煤和焚烧生活垃圾所产生的严重雾霾之中，旨在结束此类雾霾的《清洁空气法案》于当年通过。该法案的支持者主张垃圾不应被烧掉，而必须堆放在指定的垃圾填埋场，这样无意间便给银鸥及其他鸥类提供了免费的早中晚餐和下午茶。

与此同时，我们修建的水库可以成为它们安全的夜宿地，高大建筑平坦的房顶又为它们提供了安全的筑巢场所，使它们免受赤狐之类捕食者的侵袭。如今捕鱼作业都是直接在海上取出鱼的内脏，而不像以前那样回到岸边操作。渔业生产方式的改变，减少了海岸边银鸥的食物来源。上述因素和来自其他方面的压力，降低了在海边繁殖的银鸥的数量。

一系列互不关联的因素仿佛合成了一场巨大的风暴，结果许多银鸥放弃了海边的栖息地而进入内陆，甚至在城市中心重新安家落户。现在都市黄昏合唱团里多了一位独唱者：原本作为《荒岛音乐》唱片

主旋律伴奏的银鸥，如今加入了城市交响乐团，它的叫声回荡在市区天际线之上，就像一位宣礼人在呼唤信众做礼拜。

尽管银鸥有一些不太招人喜欢的习性，城市里生活的新一代居民还是在学着与这种好斗的大型鸟类相处。这些聪明的鸟类适应性很强，它们迅速学会了在城里的生存技巧，比如搜查垃圾桶、偷窃夜色中醉汉的薯片，甚至抢夺小孩子手中的冰激凌。

上述行为惹恼了很多人，他们认为银鸥应该回到它们的海边老家生活。尽管不断有清除城市内银鸥的呼声，它们还是在这里留了下来。相比于谴责它们，我们也许更应学着欣赏它们的生存智慧与计谋。

普通翠鸟

在湖畔或河边听到一声带金属质感的尖锐哨音时，为了找到这声音的主人，你该好好查看水面或周遭的灌木。翠鸟的羽色要比其他鸟类鲜艳得多，它们的行踪却总是被叫声泄露，接着，只见一只鸟如导弹般快速掠过，翅膀扇动，呼呼带风。它们飞得如此之快，好像是投向池塘边柳林的一道雷达波；它们又是如此靓丽，你的视网膜仿佛能感受到这鲜艳身影的灼烧。

很少有鸟类像普通翠鸟这样笔直地飞行，也没有鸟像它那样将绚烂色彩与迷你身材组合在一起。这是一种娇小的鸟类：体型与紫翅椋鸟相近，尾很短，头却大得不成比例，突出的喙就像一把匕首。对于一只鸟来说，这个喙实在是太大了。

你如果靠得够近，就可以看到它们那蓝宝石和绿松石一样闪闪发光的上体，在白色的喉部、锈红色的两颊与胸腹部的完美衬托之下，反射着下方河流的点点波光。

普通翠鸟的一生都与水紧密相连，它们在沙土河岸挖出深洞来筑巢。每天双亲要捉回上百条鱼来饲喂饥饿的雏鸟们。由此堆积起来的鱼刺和食物残渣发出阵阵气味，与它们俊朗的外表不大相称。

翠鸟看起来总是行色匆忙，事实也的确如此。它们很少能活过一年，在气候面前显得尤为脆弱：干旱、洪涝、冰雪都能降低它们的存活率。作为补偿，每对亲鸟在一个繁殖季最多能抚育3窝雏鸟，每窝雏鸟的数量可达6只。幼鸟一旦离巢，很快便能独立生存。

古希腊人把普通翠鸟称为“浪静鸟”（halcyon），他们相信雌性翠鸟会在波浪上筑巢，而当它在巢中孵卵时，大海也将变得平静。由此又产生了短语“风平浪静的日子”（halcyon days），现在我们用它来描述平静安宁的时光。但对我们大多数人而言，当看到艳丽的翠鸟一闪而过时，我们绝不会联想到“平静安宁”。

黄道眉鹀

沿着英格兰偏远西南部的一道绿篱漫步时，你会听到一长串沙哑的喳喳声，听上去像是鸣唱中忘了停歇的黄鹀。这声音来自英国最为罕见，分布也最为局部化的繁殖鸟—黄道眉鹀。

黄道眉鹀不同寻常的英文名（cirl bunting）源自一个意大利语单词，意为“发出啁啾的声音”。无论从长相还是从亲缘关系上来说，它们都与黄鹀很接近。但细看之下，雄鸟的脸颊黄黑相间，胸部则有一道偏绿的横带，身上还有许多棕色的纵纹，这样的组合使它看起来有些古怪，像是按某个委员会的指令给拼凑起来的。雌鸟羽色暗淡许多，腰部与雄鸟一样，都是灰橄榄绿色，而与黄鹀的锈红色腰部迥然不同。

黄道眉鹀曾被称作“法国黄鹀”，它们的确主要分布在欧洲大陆、地中海周边和北非。阳光明媚的橄榄树林，而非肃杀的英格兰田野，才更像是它们的家园。过去几十年间，在其繁殖区域西北角的英国，黄道眉鹀的命运正发生着变化。

二战末期，黄道眉鹀在英国南部各郡的农田里都有分布，但春夏时节要有富含昆虫的绿篱来供它们筑巢繁殖，秋冬季节要有杂草丛生的田野供它们取食种子，两者缺一不可。

遗憾的是，英国南部的多数乡村都施行了单一的工业化耕作方

式。长着杂草和秸秆的农田没有了，聚集着大型昆虫的绿篱也消失了，黄道眉鹀的数量就开始直线下降，最终，德文郡南部依然维持的传统农业景观成了它们最后的庇护所。

但是现在我们终于迎来了一些好消息。经过保育工作者的不懈努力，它们的数量从1989年的不到120对，增加至现在的近1 000对。保育工作者成功地鼓励当地农民把秸秆留在田里过冬，为黄道眉鹀提供冬天的食物，同时在田间保留植被，以便在夏天滋养更多的昆虫。种群恢复计划取得了明显的成效，德文郡边上的康沃尔郡也重新出现了黄道眉鹀的身影。

冬季，黄道眉鹀会时不时地造访喂食器，因此当地居民也参与到了这种鸟的种群恢复当中。然而，作为英国留居性最强的鸟类之一，它的种群复壮进程必然缓慢。使这种长相独特的食种鸟类回到它们曾经的分布区，将会需要相当长的时间。

斑鹟

这是一片乡间的墓地，墓碑上已覆盖了斑驳的地衣。一只小鸟轻快地跃入眼帘，在一块古老的纪念碑上稍作停栖。一缕阳光扫过碑身，鸟儿也被照亮了。这是一只斑鹟——一种样貌普通的灰褐色小鸟，但是它无可阻挡地给这沉静而安宁的地方带来了一点生机。

英国所有的夏候鸟里面，带着一种与生俱来的魅力的斑鹟无疑最为活泼。5月中旬才现身的它们是到得最晚的夏季访客之一。斑鹟第一次亮相时往往像一只浅色的梭镖，它从树上飞出，在半空中啄住一只毫无戒心的飞虫，上下喙咬合时发出的声响似乎清晰可闻，在此之后它又会飞回原来停栖的枝头。斑鹟鸣叫和鸣唱的音量可谓小之又小，那是一串短促的叽叽声，以及一声尖厉的“zee-tuk-tuk”。听到这样的声音，也就意味着它正站在高高的树梢上。

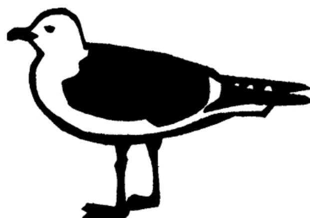
你会不知不觉地花一整天时间来观察斑鹟。它在空中追逐猎物时，会紧跟着猎物完成每一个转折和变向，带着一种芭蕾般让人窒息的优雅。在捕食飞行的间隙，它会笔直地蹲坐在枝头，像是阅兵队列前方的军士长，而它那锐利的黑眼珠则在不停搜寻着下一只飞过的昆虫。

筑巢时，斑鹟会选择树皮后的缝隙和角落，或是攀缘灌木的隐秘深处。跟欧亚鸲一样，它们有时也会选择一些不寻常的地点，一对颇有创新精神的斑鹟就曾被发现在空的甜豆罐头盒里筑巢。

夏末时分，当幼鸟离开巢的安全庇护之后，你终于可以明白斑鹟名字里“斑”字的由来了。幼鸟背上满布浅色的斑点，跟父母大不相同。英国的寒冬里，这些幼鸟在数千英里之外、赤道以南非洲的某处

森林中改头换面，最终换上了和双亲一样的繁殖羽。

小黑背鸥



1953年伊丽莎白二世女王加冕之时，仅有不到200只小黑背鸥在英国过冬。而六十年后，当全国在庆祝女王登基钻禧（六十周年）的时候，在英国越冬的小黑背鸥已经有10万只以上了。

原因何在？这显然不是王室的加持，而仅仅是因为我们让小黑背鸥的生活变得尽可能轻松了。当全年都能在垃圾填埋场找到不间断的自助餐时，为什么还要费力迁徙到西班牙或者北非去呢？毕竟鸟类只有在食物短缺、不得不离开的时候才迁徙。因此，当新的食物资源出现，鸟儿很快就改变了它们的习性，以从中获利。

小黑背鸥有着灰黑色的后背、石膏白的胸腹，模样像极了它们那体型略大、色彩略淡、整体看起来更凶狠的亲戚银鸥。和银鸥一样，它们也遍布英国各地，而不仅仅出现在海岸附近。不论是在学校的操场上，还是在城市的广场上，它们都和在海岸边一样怡然自得。这一点跟它们那体型更大的近亲大黑背鸥不同，后者很少冒险进入内陆。

小黑背鸥与银鸥类似，也会在平整的屋顶上做巢。结果它们的繁殖取得了现象级的成功，亲鸟通常能将三只毛茸茸的雏鸟全都成功地哺育到羽翼丰满乃至更大的时期。城市里的小黑背鸥主要用树枝和干草筑成一个简易的巢，而且它们似乎能把巢搭在任何平整的地方。工作了一天的人在回到他的汽车旁时，可能会发现车顶上已经多了一个用树枝搭成的鸟巢，里面还有一枚鸟卵。而这一切在三小时之内就完成了。

雀鹰

喂食器上的鸟儿们正忙着就餐，热闹的席间突然炸了锅。鸟儿四散飞离，喂食器继而陷入了沉寂，这意味着附近有正在捕食的雀鹰。来者是一只雄鸟，后背为灰蓝色，胸腹部则呈橘色，两翼宽且翼尖较钝，尾长而带有好几道横纹。它的跗跖为黄色，跟织布机的织针一般细，双爪尽力前伸，抓向一只扑腾着躲闪的林岩鹨。不过这一次它并未成功，在猛力扇动翅膀和滑翔之后，它爬升了高度，飞走了。

英国所有的鸟类当中，要数雌雄雀鹰间的体型差异最大，雄鸟通常会比羽色偏棕的雌鸟小上三分之一。这种对环境的适应特性能够让一对雀鹰捕捉各种体型的猎物。雄鸟可以猎捕小型鸣禽，而雌鸟则有能力击杀体型更大的鸽子。

对于观鸟者来说，能在郊外看到这技艺高超的猎手捕食，的确是一种荣幸。但除了臭名昭著的喜鹊之外，很少有别的鸟类会像雀鹰这般引起普通人情感上的不适和愤怒。猎食小型鸣禽的习性使得它被牢牢地钉在了万神庙里流氓和恶棍的位置上，对于数百万喜欢在自家花

园里喂鸟的大众而言尤其如此。

当一只雀鹰如箭一般地射入视野，惊得青山雀四散而飞，又用那剃刀一样锋利的爪子抓住一只猎物的时候，你会觉得这个闯入者把小鸟的鲜血溅到了自家客厅的地毯上。

然而雀鹰不过是像其他所有鸟类一样，履行着它们长久演化而来的行为模式—抓住并杀死猎物。正如青山雀是毛虫的致命天敌，欧乌鸫也不会收到来自蚯蚓的粉丝信，雀鹰这种天生的捕食者只是在追随自己的本能。

无论你的立场如何，你都很难不被雀鹰的捕猎技能所吸引。它们在灌木丛、绿篱和栅栏组成的掩护地形中，好像参加障碍滑雪比赛一般躲避、潜行、迂回，寻找机会以实施最致命的伏击。这种策略在严酷的冬季和炎热的夏末尤其成功，冬天鸣禽都执着于寻找食物果腹而忽视天敌的存在，夏末则有大量幼稚而马虎的幼鸟刚刚离巢。

当然，鸣禽们对于这样的危险总是很警觉，它们已演化出一系列的方法来躲避雀鹰。听一听那此起彼伏的高频示警声，你就知道雀鹰正在偷偷靠近。椋鸟那种尖厉的“pik pik”声更是雀鹰出现的可靠警报。

你也许还能听到雀鹰的叫声，它很像绿啄木鸟的鸣叫，不过音色更加刺耳。今天，你时常能听到雀鹰的叫声在郊区那些有行道树的街道上空萦绕，对于这种森林猛禽而言，这些地方就相当于过去的林间空地了。但如果你在五十年前走过同样的街道，那你几乎不可能听见这种声音，事实上在那时的绝大多数乡村也听不到。二战后杀虫剂在农业上的大规模使用，使得雀鹰身处巨大的险境。那些致命的化学物质会通过猎物进入猎手的体内，并很快就能在雀鹰的身体里积累至危险的水平。除了直接毒死雀鹰以外，杀虫剂还会导致它们的卵壳变薄，当雌鸟孵卵时，卵就会被直接压碎。结果在20世纪50年代后期到60年代，雀鹰的种群数量急剧减少。

一旦这些杀虫剂被禁止使用，雀鹰的数量就快速回升了，如今英国大多数地方都分布着雀鹰。它们爱站在栖枝上，瞪着柠檬黄色的双眼，聚精会神地搜寻猎物。

小嘴鸻

通常来说，鸻鹬类胆小而易被惊飞。但在英国最后的荒野—凯恩戈姆山的高山极地高原上，有一种鸻鹬类则完全是例外。小嘴鸻是英国所有鸟类当中最为温顺也最易接近的鸟之一。实际上，它的英文名（dotterel）就有迟钝的意思，就像“老糊涂”（dotard）这个词里的含义一样，并且在盖尔语中这种鸟的名字可以翻译成“泥炭沼泽里的傻子”。甚至连它学名里的种本名*morinellus*，也是“笨蛋”或者“愚蠢”的意思。

我们维多利亚时代的先人充分利用了小嘴鸻这种可亲的特性，他们捡拾它的卵，也捕捉这种鸟本身，在那时小嘴鸻就以味美而著称。

小嘴鸻或许是有着愚蠢的声誉，但没人能否认它真的是一种漂亮的鸟儿。它的身形和结构与欧金鸻相似，躯干圆润，鸟喙粗短，胸腹部为栗色或橘色，棕色的上体则有着贝壳状的浅纹。它胸部的白色条带和两眼上方白色的宽眉纹是最醒目的野外辨识特征，两道眉纹还向后延伸，在枕部交汇在一起。

伟大的苏格兰鸟类学家德斯蒙德·内瑟索尔—汤普森曾花费大量时间研究高山鸟类，他对小嘴鸻有一句令人印象深刻的描述：它们好像戴着“有棕色帽檐的苏格兰圆帽”。

对于早年的采集者而言，小嘴鸻想必很有吸引力，但如果知道我

们现在所了解的这种鸟异乎寻常的家庭生活方式，他们一定会感到震惊。雌鸟不仅比自己的配偶更加靓丽，而且在交配和繁殖方面也都占据优势，这对“维多利亚时代的价值观”来说可真是一种冒犯了。

雌鸟在产下2至3枚卵后，就把孵化和哺育的重任丢给雄鸟，自己则离开去寻找下一个配偶，然后再次重复这一过程。更令人难以置信的是，每5只在苏格兰筑巢的雌小嘴鸻中，约有4只会继续飞往斯堪的纳维亚或俄罗斯，在那儿它们还要再繁殖一次。

由于小嘴鸻在英国的繁殖地的特点，我们倾向于把这种鸟归纳为高山鸟类。但是它们对环境的适应性比我们想象的更广：在荷兰，小嘴鸻会在围海造地而成、低于海平面数米的圩田里筑巢。而在前往非洲和返回的途中，有些小嘴鸻常常会在英国南部的停歇地逗留一两天。在耕地的田埂上休整时，它们能轻易地藏在爬犁刨出的沟壑中，躲过观鸟者的目光。

红颈瓣蹼鹬

不列颠群岛最北部的一些被苔草围绕的沼泽池塘，是这个国家为数不多的能够确保你看到红颈瓣蹼鹬的地方，至少在夏季的月份里确实如此。这种俊俏的小型鸻鹬类，体型比椋鸟还小，作为英国的繁殖鸟，总共只有不到30对，并且仅在设得兰群岛和外赫布里底群岛上筑巢。

这是因为该种是真正意义上的北极鸟类，英国的繁殖地已经处于它们繁殖区最南部的边缘。上百万只红颈瓣蹼鹬生活在更靠北的苔原上，在那儿它们充分利用夏季昆虫的大爆发来进行繁殖。

之后它们会飞往南方，在外海上越冬，越冬的地域相当分散且辽阔，从阿拉伯海沿海，到东南亚和广袤太平洋上的岛屿周围，都能见到它们。一只在设得兰群岛安装了追踪设备的红颈瓣蹼鹬，在一次迁徙的往返旅程中飞行了25 000千米以上，它途经格陵兰岛和加勒比海，最终到达秘鲁沿海的越冬地。在迁徙中，红颈瓣蹼鹬有时会在内陆停歇，混在绿头鸭或其他野鸭当中，显得分外矮小。在安静地觅食之后，它们继续踏上征程。

与欧洲的其他鸻鹬类不同，红颈瓣蹼鹬还擅长游泳，它们脚趾周边长着被称作“瓣蹼”的扁平的皮膜。这正是它们那奇特的英文名（phalarope）的由来，这个词在拉丁语中意为“像骨顶鸡的脚”。一只红颈瓣蹼鹬在觅食的时候，会在水面上快速旋转游动，由此产生出小小的漩涡，将水中的食物卷到水面，之后它就可以用针一样尖锐的鸟喙啄取美食了。

红颈瓣蹼鹬像小嘴鸻一样不惧生，常常可以让人接近到一两英尺[11]的距离。这两种鸟类在另一个习性上也很相似，即它们的雌鸟都有更加艳丽的羽色，并在交配中处于优势地位，产卵之后都会把孵化和哺育雏鸟的繁重工作完全留给雄鸟。

黑眉信天翁

还记得1967年“爱之夏”那段让人目眩的日子吗？甲壳虫乐队在那时统治了英国音乐单曲排行榜，而摇摆伦敦乐队则成了全世界的中心。正是在那一年的5月，一只巨大而略显笨拙的鸟出现在了福斯湾巴斯岩上的鲣鸟繁殖地。

这罕见的来客是一只黑眉信天翁，一种巨大的、从广袤的南大洋游荡而来的海鸟。它在途中以某种方式穿越了被称作“赤道无风带”的平静海洋，来到了北半球。孤独而又找不到合适伴侣的它，退而求其次地开始讨好本地体型最大的海鸟—北鲣鸟。它大献殷勤，来回昂首踱步，同时大声地发出像驴一样的鸣叫。

接下来的两年内，这只被叫作“阿尔伯特”（由信天翁英文名拆分出的第一个单词）的黑眉信天翁又回到了巴斯岩，然后消失不见。但三年之后，阿尔伯特或另一只黑眉信天翁出现在了英国最北端设得兰群岛中赫曼尼斯岛上的北鲣鸟繁殖地。这只鸟在其后超过二十年的时间里，几乎每个春夏季都会回到这里。它最后一次现身是在1995年的夏天，可怜的阿尔伯特始终没能够找到一个伴侣。

但是故事到这里并未结束，最近另一只黑眉信天翁—也有可能仍是阿尔伯特—又一次出现在了苏格兰外海的苏拉礁岛，还是在北鲣鸟的繁殖地里。认为这次出现的信天翁还是当年在巴斯岩以及赫曼尼斯的那一只，恐怕有些牵强，但信天翁的确是世界上最长寿的鸟类之一，已知的存活时间超过了五十年。

在全世界20种左右的信天翁里，黑眉信天翁是目前种群数量最大的一种，有100万只以上的个体。几乎有四分之三的黑眉信天翁繁殖个体都在福克兰群岛筑巢，繁殖季后它们会散布在广袤的南半球大洋之上，跟随拖网渔船寻找食物。

和其他的信天翁一样，许多黑眉信天翁也是残忍的“延绳钓”作业

的受害者，鱼钩上的鱼饵会吸引信天翁，不幸被钩住的鸟将会饱受痛苦的煎熬而缓慢死去。现在保育工作者正和渔民一道改进捕鱼方法，希望能拯救这些体格健硕的海鸟。

草原石䳭

清风拂过一片原野，一只大小与欧亚鸲相仿的小鸟站立在一丛金雀花的枝头，幽幽地鸣唱着，这便是草原石䳭。它的名字揭示了其栖息地的植被类型。英文名（whinchat）中的“whin”就是金雀花在苏格兰的名字，这种散发着椰子香味的黄花是荒原和旷野上最为常见的植物。另一些别名，比如“金雀花䳭”“荆豆䳭”“金雀花跳莺”，也被用来称呼这种活泼灵动的小鸟。

草原石䳭是长距离迁徙的候鸟，它们在撒哈拉以南的非洲度过整个冬季。一旦回到繁殖地，雄鸟就会选择一根最显眼的栖木，并开始以鸣唱吸引异性伴侣。这也是雄鸟色彩最绚丽的时候：橙色的胸腹染着锈红，棕色的背部带有鳞纹，两条亮白色的眉纹贯穿深色的头部。雌鸟的眉纹则偏黄，也没有那么醒目。

草原石䳭站立在观察哨似的栖木上，永远保持警觉。如果有人靠近，它便会发出轻柔的示警声，紧接着是如同两块卵石敲击在一起的声音，比起黑喉石䳭那打击乐似的示警鸣叫要柔和些。

就在不久以前，草原石䳭还会在溪流湿地和有着大量栖枝的开阔地上繁殖，但是最近的数十年里，由于我们尚未完全理解的原因，它们从这些地方消失了。现在你只有在英国西部和北部的高地上才最有可能找到它们。

当然，到了迁徙季节，草原石䳭会在任何适合的地方停歇，带有

绿篱或干草垛的田野都能成为它们临时的居所。每年秋季，很多南迁的草原石䳭并不是在英国繁殖的个体，它们从斯堪的纳维亚飞越北海而来，给了我们更多的机会去观赏这种生机勃勃、充满魅力的小鸟。

红隼

作为一位敏锐的自然观察者，维多利亚时代的诗人杰拉德·曼利·霍普金斯在他最为著名的诗歌之一《风鹰》里写道：

我看见了清晨的宠儿，在今天早上，

在日光王子的国度，受斑斓黎明引诱的隼……

对于红隼这样有着令人叹服的飞行控制技巧的鸟来说，“风鹰”是一个完美的名字。观察一只红隼在路边盘旋时，你一定会对它那精准的飞行动作感到惊奇。这种在路边林缘掠食的习性，还为红隼赢得了一个不那么富于魅力的别名—“高速公路鹰”。

迎风飞翔时，它们几乎不需要扇动翅膀，只要利用尾部做些微小的调整，就能在空中保持悬停。这种姿态的关键作用在于使头部完全保持稳定，借此准确找到身下草丛里老鼠、田鼠等小兽的踪迹。

红隼的锦囊里还藏着一件秘密武器。它能看到紫外光，这使其能够通过小型鼠类留在身后的尿液痕迹来追踪猎物。我们人类的双眼看不见这些痕迹，但对于红隼来说，它们像发光路标一样显眼。

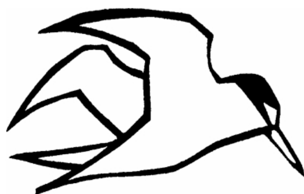
你只要观察清楚就不会错认红隼：它们的上体为栗色，雄鸟体型略小，头和尾呈灰蓝色。飞行时它们的尾部看起来比两翼还长，使其外形看上去比英国其他的隼类更加舒展和潇洒。

直到最近，红隼还是我们最为常见的猛禽，而且是我们平常能遇见的唯一猛禽，在英国的低海拔地区尤其如此。但在过去十年左右的时间里，欧亚𫛭和雀鹰已经取代了红隼的位置，今天在一些地区，红隼的数量仍在持续下降。我们尚不清楚确切的缘故，但是像高草草地这样的鼠类猎物栖息地的减少，也许是红隼数量下降的原因之一。

由于红隼随处可见，人人皆识，我们的祖先在鹰猎行当里将其放

在最末尾。15世纪出版的《圣奥尔本斯之书》是那个时代绅士的生活指南，这本书依照社会等级排出帝王应该养雕，王子、公爵们养游隼，而最底层的游民无赖才养红隼。最后那句话所说的“无赖的红隼”如今因巴里·海因斯的同名小说而广为人知，这个成长故事讲述了北方少年的生活，其中着重描写了一只名叫“凯斯”的红隼，后来小说被改编成了一部经典的英国电影。

白额燕鸥



英国体型最小的燕鸥的栖息地嘈杂而忙乱，生活的一切都围绕着那片沙滩……

白额燕鸥真的很小，体型和欧歌鸫相仿。较小的身材、白色的前额、尖端呈黑色的黄色喙，以及更快的振翅频率和更为急促的飞行动作，都使得我们很容易就能把它们从其他燕鸥中找出来。白额燕鸥常常在近海区域徘徊飞行，在浅水里搜寻小鱼，一旦发现鱼儿，就会俯冲到水面用力啄取。

如果离它们的营巢点太近，你就会激发一阵激烈而嘈杂的尖叫，紧接着它们就如俯冲轰炸机一样连续飞扑过来，这是白额燕鸥在严令你离开。它们的担忧既显而易见，也合情合理。白额燕鸥将卵直接产在沙滩上，那些卵有着极好的伪装，很容易被无意间踩踏和毁坏。

出于这样的原因，白额燕鸥集群营巢也就再合理不过了，它们以数量来换取安全。同一巢区里的所有白额燕鸥能保证对危险的持续预警，这些危险可能来自天空或地面，赤狐、白鼬、鸥、乌鸦，甚至红隼，都有可能导致卵和雏鸟的严重损失。

人类也和白额燕鸥共享着这些海滩，遛狗的人、慢跑者和度假的游客都可能在无意间给它们造成灾难，因此许多已知的营巢地现在已经拉起电网并有专人看守。即便如此，白额燕鸥仍然处境危险，在英国只有不到1 500个繁殖对散布在50个左右的营巢地上，这些营巢地大多位于林肯郡和汉普郡之间的海滩上。

红背伯劳

红背伯劳是一种长相凶恶、上喙带有弯钩的捕食者，因为有着把猎物钉在灌木棘刺上的习惯，它又被称为“屠夫鸟”。红背伯劳还有令人惊异的歌声，那是一连串含有摩擦音、颤音的旋律，很像水蒲苇莺的鸣声。

一个世纪以前，这种歌声在英格兰和威尔士的广阔区域内都能听到。那时的红背伯劳是常见夏候鸟，会出现在灌木丛生的山坡及长满石南的荒地或公地上。

长久以来，红背伯劳一直是鸟类爱好者的心头所好，这也很容易理解。雄鸟确实英俊，它们的头部为珍珠灰色，上背呈红色，胸腹部是略染粉色的白色。当然，最显眼的还是那个黑色的眼罩，它使它们看起来活像是哑剧里的侠盗。雌鸟和幼鸟的眼罩为棕色，不那么惹眼，但也自有一种含蓄的美感。

如今想要在英国看到这种鸟已经很不容易了。在整个20世纪当中，红背伯劳的数量持续下降，到了20世纪80年代后期，仅剩一对繁殖鸟生活在诺福克郡布雷克斯的石南丛里。观鸟者蜂拥而至，去那里探望最后的红背伯劳，直到有一年它们再没有回来，这也宣告在英国繁殖的鸟类又少了一种。

红背伯劳急速减少的原因，至今多少还是一个谜，但据推测可能是气候变化带来了连续湿冷的夏季，同时由于农业杀虫剂的随意使

用，它们育雏所需的大型昆虫数量减少了。红背伯劳的栖息地也在减少，它们偏爱灌木丛、石南荒地，以及带有很多绿篱和小型田地的传统农耕地。这些栖息地的丧失，可能也导致了红背伯劳种群的凋零。

好消息是，在过去几年里，除了苏格兰和威尔士有零星的繁殖记录以外，德文郡也有几对红背伯劳成功筑巢繁殖。在红背伯劳繁殖季里，保育工作者和志愿者二十四小时不间断地监控，防止它们受到鸟卵收集者的骚扰。也许我们将来还有希望在它们曾经的栖息地看到、听到这些“屠夫鸟”。

8月

黑喉石䳭

家麻雀

斑尾林鸽

剑鸻

大黑背鸥

蛎鹬

北长尾山雀

欧亚红尾鸲

红腹灰雀

石鹨

短尾贼鸥

黄鹡鸰

绿篱莺

穗□

白鹳

鹃头蜂鹰

普通燕鸥

海鸥

鹤鹬

金雕

白尾海雕

横斑林莺

扫码欣赏图片和鸟鸣

引子

对于多数鸟类而言，8月是动身迁徙或换羽的时节。我们的注意力很容易被花园里醉鱼草上忙着觅食的蝴蝶所分散，以至于我们突然才惊讶于那些鸟儿都去哪儿了。欧乌鸫和欧歌鸫似乎消失得无影无踪。寻找林岩鹨、鹪鹩和山雀也变得更加困难，但开始唱秋季歌曲的欧亚鸲至少还比较容易听见。

然而大多数情况下这些鸟儿并未远去，只是变得低调起来。这样隐匿的原因在于，经过繁殖季的严峻考验之后，许多鸟儿的羽毛都遭受了磨损，它们需要时间来辞旧迎新。尽管英国的鸣禽不在此时换羽，也因此不会丧失飞行的能力，但它们这时更容易受到像家猫和雀鹰这样的捕食者的攻击，低调行事自然是明智之举。

其他一些鸟类则会同时脱掉很多枚飞羽。你可能会好奇，本地公园里的雄绿头鸭怎么都不见了，周围小水塘里黑白分明的雄凤头潜鸭又到哪里去了。这些雄鸟看起来都被棕色的雌鸟或幼鸟取代了。

这是因为繁殖季过后，英国分布的大多数野鸭雄鸟都会换掉它们颜色鲜艳的羽饰，看起来跟雌鸟非常相似。这些新换上的羽饰被称作“蚀羽”，尽管雌雄野鸭都会经历换羽，但只有雄鸟羽色的变化最为明显。对绿头鸭这样的野鸭来说，这可能颇有风险，因为在新的飞羽长成之前，它们暂时地失去了飞行能力，所以要尽可能不引人注目，以免吸引捕食者。“蚀羽”期会持续约一个月或六周的时间，到了秋季它们又会换上人们所熟悉的羽饰。在公园的湖里，回来越冬的红嘴鸥会加入它们的行列，而这时的鸥们则正在褪去头上的巧克力色。

不过有些鸟儿变得难以发现，确实是因为它们已经离开了。8月中旬，崖海鸦、刀嘴海雀和北极海鹦已经离开了它们筑巢的悬崖与长满草的小岛，到远离陆地的公海上越冬。欧鸬鹚和普通鸬鹚依然可

见，因为它们之中的很多个体在一年的大部分时间里都生活在繁殖区域附近。随着8月的流逝，大西洋鹱也开始向南迁移，加入由贼鸥、海燕和北极燕鸥等在北方繁殖的海鸟组成的队伍，它们中的一些会飞到南半球越冬。

多数普通楼燕也已经从我们的城镇当中离开，成鸟通常会比它们的幼鸟更早出发，年幼的楼燕则将在没有双亲指引的情况下迁往非洲的越冬地。当它们集群向南迁徙，从高空掠过，或是在一片成熟的庄稼地上方停留，飞舞着捕食成群飞虫的时候，你依然能见到它们。

尽管如此，8月仍有很多值得一看之处，许多在陆地生活的候鸟已经开始迁徙了。当它们离开诸如沼泽荒野和西部橡树林之类的特殊繁殖场所，向南迁飞时，它们通常会在更为单调的栖息环境中短暂停留。几乎在所有遮蔽良好的绿篱里都值得找找欧亚红尾鸲，但你可能会先闻其声。注意听那清脆的叫声“hoo-it”，然后找寻一抹闪动的橙色或是一个尾部颤动的剪影。在凹凸不平的荒地则可以扫视围栏桩子和较高的枝干，寻找草原石䳭。

斑鹟同样已经踏上了旅程，你在林地边缘或河流两侧往往能找到举家行动的它们，幼年斑鹟在飞捕昆虫的时候已经跟双亲一样灵活了。此时，年幼的各种莺类随处可见，通常比它们的亲鸟更鲜亮，也更整洁。伴着停下来靠多汁浆果补充能量的黑顶林莺和灰白喉林莺，叽喳柳莺与欧柳莺往往悄悄地经过我们自家的花园。

这时候造访本地的沼泽去寻找鸻鹬类，也总会有收获。白腰草鹬和矶鹬是常见的标配种类，而随季节偶尔出现的林鹬和鹤鹬则是非常受欢迎的稀客。就算这些鹬都不在，还可以看看蜻蜓嘛。8月是观赏蜓和赤蜻从温热的夏季空中掠过的绝佳时期。

当所有这些迁移上演的时候，有的种类却依然忙着抚育后代。家燕可能正在喂养它们的第二窝甚至第三窝雏鸟。农田里，黍鹀和黄鹀正忙着将满嘴的昆虫带回巢，喂给正在发育的幼雏，这是个风险极大的投入，因为联合收割机也正在它们筑巢的庄稼地里无情地运作着。在旷野和公地上，刚刚羽翼丰满的幼年黑喉石䳭还在接受双亲的饲喂，周遭的景观由于石南大量开花而呈现紫红色，一切都在等待着秋日的来临。

黑喉石

漫步于高原荒野时，如果你听到一串尖亮而又清脆的敲击声，这要么是有人在修整一堵干砌石墙，要么就是一只黑喉石䳭正在歌唱。

很少有鸟类的英文名比黑喉石䳭（stonechat）更为恰当了，它的鸣叫酷似两块鹅卵石反复撞击。苏格兰诗人诺曼·麦凯格完美地捕捉到了这一点，他在诗里写道：

伴着燧石敲击般的嘀嗒声，它来了，

外表整洁，装束华丽，在成片的蕨类植物、

沼泽和巨砾之中，宛如一件小小的艺术品。

黑喉石䳭的样貌当然称得上是一件艺术品，尤其是干净利落且色彩丰富的雄鸟。你能看到它站在金雀花丛中央最高的枝头，炫耀地拍动双翼，摆动尾部。它身形敦实，大小与欧亚鸲相仿，头部为黑色，脖颈两侧为白色，胸部是鲜橙色，深色的两翼上各有一块白斑。

它的配偶在巢中孵卵时需要伪装，因此也就不那么显眼，全身羽色更为浅淡，柔和的棕色里渲染着些许橙色。它们的存在总能为周围的开阔景致增添一些生机，无论是荒原、旷野，还是公地，都离不开一对神气活现的黑喉石䳭。

黑喉石䳭会在地面或者金雀花丛的低处筑巢。在灌木丛的最高

处，雄鸟一边发出独特的鸣唱，一边扇着两翼，使上面的白斑闪动，以此来吸引注意力。每个窝里通常会有5到6枚浅蓝绿色的卵，卵上多带有棕红色的斑点。

跟很多小型鸟类一样，黑喉石䳭的寿命很短，作为补偿，每个繁殖季里它们养育2窝甚至3窝幼鸟。黑喉石䳭主要以昆虫和其他小型无脊椎动物为食，在寒冷的冬季，尤其是当冰雪遮盖住食物之后，这样的食性让它们变得脆弱，所以它们确实需要多生育后代。1962年到1963年之间的那个臭名昭著的冬天，由于持续的寒流，英国多达90%的黑喉石䳭都因缺乏食物饿死了。

尽管不像亲戚草原石䳭那样长途跋涉到撒哈拉以南过冬，英国的部分黑喉石䳭还是会在冬季迁徙，它们要么飞到英国南部海滨，要么跨越海峡，飞往西班牙和葡萄牙过冬。那些留下来的黑喉石䳭也会从石南荒原迁出，飞到低海拔的沼泽、荒地或田野中无人打理的角落，这些黄褐色的小鸟给那些地方暗淡的冬日带来了生趣。

家麻雀

在英国，有一种鸟的鸣叫已经陪伴了我们数千年，可能比其他英国鸟类都要长久。也许这声音并不那么甜美，曲调也不算悠扬，但我们每一次听到它，它都能唤起一种似曾相识的愉悦感，这就是家麻雀那友善的叽喳声。

在主要生活于非洲和亚洲热带地区的鸟类家族当中，家麻雀是仅有的两种跟随人类史前祖先北上，并且直到今天还和我们生活在一起的代表之一。这两种鸟里面，树麻雀生活在乡村的田野和绿篱中（至少在英国是这样），而家麻雀则肯定是我们人居环境当中的住客。正如另一种在人造建筑物上筑巢的鸟类—白腹毛脚燕一样，家麻雀的成功毫无疑问跟我们人类的成功紧密关联。

一万年前，当最早的农耕者开始在挑选出的土地上耕种作物的时候，家麻雀就已经和人类生活在一起了。它们吃谷物和种子，所以很快就成为人类的邻居，也因盗食非常珍贵的谷物而被早期的拓荒者视为害鸟。从那时起，我们与家麻雀的关系就相当复杂：我们欣赏它们与人亲近并且适应性强的特点—东伦敦人一直自称“伦敦麻雀”，并非偶然；与其同时，我们既憎恶它们的偷窃行为，又瞧不上它们那平凡的外貌。

雄性家麻雀其实并非平淡无奇，你仔细观察就会发现，它是一只还算英俊的鸟儿，由栗色、灰色和黑色组合而成的模样颇为讨喜。雌鸟确实样貌平凡，羽色平淡，但也有自己沉静的魅力。

当比德[12]把一个男人的生活比喻成冬日里飞掠过宴会厅的家麻雀时，他是有意在描述一幅身处8世纪的读者所熟悉的场景。家麻雀已经适应了一系列建筑中的生活方式，实在令人称奇。尽管我们已习惯了与它们共处，但在世界上最为繁忙的机场之一—希思罗机场的一

座候机楼内，竟然也生活着一小群家麻雀。它们晚上就住在机场天花板上的灯罩里，靠机场餐厅和小吃店的剩余食物过得很好。

更让人吃惊的是，家麻雀还能在地面以下600米的地方繁殖。1975年，两只家麻雀通过竖井进入了位于约克郡弗里克雷煤矿的一口正在开采的矿井，不久后第三只也跟了进来。这三只麻雀就住在一小块靠人工照明的区域内，依赖矿工提供的食物和水存活。它们甚至还繁育了后代，但由于地下缺乏足够的昆虫，刚长出羽毛的雏鸟都不幸死去了。

尽管适应能力如此强大，家麻雀还是从曾经的很多领地里消失了。即便在仍有家麻雀生活的地方，其种群数量较之过去也已大大减少了。

家麻雀数量衰减的确切原因尚不明朗，但有一些潜在的因素。秋冬季节，家麻雀在留有秸秆的农田里食用种子和谷物，但在今天，这样的农田已经不太常见了。我们的城镇里适合它们筑巢的地方在变少，而杀虫剂的使用可能也减少了它们育雏期所需昆虫的数量。就连城市里排放的废气或许也是一个问题，它对留居性非常强的家麻雀所造成的影响似乎比对其他鸟类更大。

无论原因是什么，我们无疑不再将身边的家麻雀视为理所应当的事物了，甚至可能由于它们已经受到了威胁而对其倾注更多的感情。在它们依然健在的地方，它们就会是受人欢迎的友邻，而它们喋喋不休的鸣叫也将继续在空中回荡。

斑尾林鸽

很少有鸟的鸣声能如斑尾林鸽的低吟那样，传递出夏日朦胧而慵懒的感觉。这个声音又因为阿尔弗雷德·丁尼生勋爵的描述而变得不朽：“古老榆树上林鸽的哀鸣。”

遗憾的是，那样的榆树已经在英国的乡间消失很久了，但所幸夏日的音律保留至今。这是一种能够穿透8月热浪的低沉而有韵律的声响。

斑尾林鸽的摇篮曲有五个音节，重音在第二和第三音节上。人们把这声音联想成“带两只牛啊，威尔士人”（Take two cows, Taffy）或“我的脚趾流血啦”（My toe is bleeding）。无论你选择如何记住它，听到这种遍布各地的和声的机会可一点儿都不会缺。

斑尾林鸽是当前英国最成功的鸟类之一。它们曾经主要集中在乡村地区，今天在那里仍然常见。而近些年来它们也进入了城镇，在郊区和市中心的树上构筑形式简陋的巢，甚至在繁忙的城市公园里享受日光浴的游人中间悠然漫步。

当斑尾林鸽出现在人们的后花园时，并不是所有人都会对它们表示欢迎，因为它们会吓跑喂食器上的其他鸟类，而人们所投放的大量鸟食最终也都进了斑尾林鸽雏鸟的嗉囊。饲喂雏鸟时，除了种子和树叶以外，斑尾林鸽还会使用“鸽乳”—这是来自它们胃黏膜的分泌物—只有少数其他鸟类还具有这种习性。

所以说，即便如此常见的鸟类也拥有一些不同寻常之处。斑尾林鸽也是一种颇具魅力的生灵。从远处看，它的羽毛呈灰色，但它也有几个引人注目的特征，其中包括颈部两侧的一道亮白色条纹。著名的苏格兰鸟类艺术家唐纳德·沃森曾有过完美的总结，他如此描述栖身于

湿润的山毛榉叶之中的斑尾林鸽："这一抹玫瑰灰好似冷色调房间里的瓷器。"

剑鸻

当夏天我们蜂拥前往海滩的时候，我们也许并未注意到沙滩上的一些原住民。在空旷的沙地上，剑鸻绝对是一种容貌出众的鸟类，所以对它视而不见实在很怪异。剑鸻有着对比鲜明的褐色和白色饰羽，并且带有黑色眼罩，尽管它在泥滩或是沙滩上看起来相当扎眼，但在鹅卵石滩上，它却能轻易融入背景当中，只有在移动的时候才会暴露自身的行踪。那柔和又清脆的双音节哨声，往往显示出它的存在。

伪装对于剑鸻来说至关重要，因为它们是在点缀着鹅卵石的裸露海滩上产卵。每个窝里有4枚卵，它们有着堪称完美的保护色。雏鸟身上也布满了斑点，与满是碎石的背景环境相近；而乌鸦或鸥之类的捕食者飞过头顶时，小家伙们会伏在地上一动不动。

雌性剑鸻则更为醒目，当它从卧在巢中孵卵的姿势被惊起、露出鲜亮的白色胸腹部时，看起来尤其显眼。但它也留有一手绝活，更确切地说，这绝活藏在两翼之下。跟努力躲藏大相径庭，它会让自己尽可能地醒目：它一边展开一只翅膀并拖在地上，就好像翅膀折断了一样，一边踉踉跄跄地朝远离巢的方向走去。

这种“折翅展示”能够将捕食者的注意力从它宝贵的卵或雏鸟身上引开。它将自身置于被猎杀的危险之中，这显然是一种有风险的策略。不过本能会告诉剑鸻最后摊牌的时刻；一旦它认为已经将捕食者引诱到离巢足够远的地方了，它便会神奇般地恢复，并飞回巢继续守卫自己的后代。

大黑背鸥

一个普通夏日里，在大不列颠群岛北部或西部的某处礁石海岸上，从银鸥那熟悉的鸣声中传出一种低沉而沙哑的声音，这声音表明事主大有来头。它来自英国体型最大的鸥类，实际上也是全世界50种左右的鸥里面最大的一种—大黑背鸥。

说到重量级，大黑背鸥是真正的冠军。它是一个肌肉发达的大块头，上体为炭黑色，胸腹部雪白，鸟喙的颜色仿佛是泼溅的蛋黄，再加上冷峻而具有穿透力的眼神，它所流露出的霸气无人可以匹敌。不像另外一些貌似威严，但鸣声太过柔弱的鸟类（欧亚鵟就是这样的一个例子），大黑背鸥的叫声与其体型相配，英国其他的鸥类都难以发出如此低沉而浑厚的音调。

大黑背鸥在我们的大型鸥类里是最依赖海洋环境的，尽管我们偶尔能见到大黑背鸥出现在距离海岸不远的感潮河段，集小群在垃圾堆里觅食，但它们实际上很少深入内陆。春夏季节，你常能看见它们在礁石或岛屿上居高临下地检视着自己的领域，并随时关注有没有觅食的机会。

像大多数鸥类一样，大黑背鸥适应能力很强，它们会捡食死鱼或人类丢弃的动物内脏，或是从其他鸟类那里偷窃食物，甚至还能高效而又凶残地杀死别的鸟类，主要是各种海鸟。

晴朗的夏日傍晚，它们守候在威尔士外海岛屿的暮光中，等待大西洋鹱从洞穴里爬出来。当这些远洋鸟类笨拙地尝试从陆地上的繁殖场所起飞时，大黑背鸥会轻松地抓住它们，将其甩上天空，再整只吞

下。任何人看到这一幕都会感到震惊，但也必须承认这手法确实高效。

蛎鹬

鸻鹬类以高亢而尖厉的鸣叫声出名，但若提及对高音的执着，很少有鸟鸣能比得上蛎鹬的哨音。当掠食者出现，或是人离它们的领域太近，这种哨音的频次和音量都会升高，直至达到狂热状态。这撕裂耳膜的高音还伴随着蛎鹬不同寻常的行为—它们四处疾走，就像是要炸裂开一样。

许多鸻鹬类的羽色是灰色或棕色，但蛎鹬的外表却跟其嗓音一样高调。它的身上黑白分明，腿为粉色，还有一个又长又粗的橘红色喙，活像有人把一根胡萝卜戳到了它的脸颊上。过去，这种鸟也被叫作“海喜鹊”。

“海喜鹊”其实比“蛎鹬”要更加合适，它们食用贻贝而非牡蛎，因此在东北部还有个“贻贝起子”的绰号。名字的错误可能源自18世纪的鸟类学家马克·凯茨比，他命名了美洲蛎鹬。虽说那是跟我们的蛎鹬不同的物种，但后来它的名字越过大西洋，成了舶来品。

蛎鹬会用有力的喙砸开或是撬开贻贝的壳，也会在低潮位时于河口滩涂探寻鸟蛤。它们还能用喙从泥滩里挖出蠕虫或昆虫的幼虫。由于食性广泛，蛎鹬在海滩和内陆都可以繁殖。它们每窝产2到3枚具有良好保护色的卵，河边的碎石滩、砾石坑，甚至犁过的农田，都可以是它们的筑巢地。近些年，它们还会在建筑物的平坦屋顶上筑巢产卵，卵和雏鸟在那里将免受赤狐之类的捕食者的袭扰。

一旦雏鸟孵化出来，这些活跃的小家伙很快就能学会保护自己，抵御任何可感知到的危险。无论是人、绵羊还是牛无意间踱近它们的领域，雏鸟们都会发出响亮的鸣叫。

北长尾山雀

当你沿着绿篱或者林间的小道散步时，你最先听到的是一阵噼噼啪啪和呲呲呲的声音，其中还夹杂着又尖又细的齐唱。这声音越来越响，随后，一只、两只、三只好似会飞的棒棒糖一样的小鸟急促地飞过绿篱的豁口。这就是一家子正在出行的北长尾山雀了。

有些地方的人把北长尾山雀叫作“桶里的流浪汉”或者“妈妈的小恶棍”，它们可能是我们最招人喜欢的小鸟。它们是有着独一无二特征的英国鸟类，身上带着粉色、黑色和白色，还有一条似乎是深思熟虑后被粘上的长尾。

凑近去看，你会发现它们并不怕人，在忙着捕食昆虫时几乎忽略了我们的存在，这也为你提供了观察其外表细节的机会，就连那红色的精致眼圈你都不会落下。它们的行为也同样迷人。你在夏末见到的沿着绿篱鱼贯而行的北长尾山雀群，是由各种亲属所组成的：儿子、女儿、兄弟、姐妹、叔叔和阿姨。假若一对北长尾山雀的卵或雏鸟殒命于天敌或糟糕的天气，它们就转而去帮助自己的亲属照料后代。

在鸟类世界里，这样的合作繁殖方式并不常见，但对北长尾山雀这样的留鸟来说，合作繁殖自有道理，因为生活在同一区域的个体大多有着或近或远的亲缘关系。它们还进一步发扬了这种睦邻为亲的精神：从夏季开始，北长尾山雀就组成集群，一起移动和觅食，晚上也一起夜栖，在同一根树枝上一只紧挨着一只；即使在寒冷的冬季，它们也能靠这样的抱团取暖存活。

春天来临时，雌鸟会离开大家庭，加入别的集群，并在其中找到新的伴侣。之后，雌鸟和雄鸟会一起建造英国鸟类所能造出的最为精致的鸟巢之一：小巧紧密的巢呈球状，约有一只西柚那么大，由苔藓、地衣、动物毛发、蜘蛛网和羽毛共同组成。

单是一个鸟巢就会有多达2 000根不同的羽毛。为了收集巢材，北长尾山雀会把优雅的身段放在一边，从被掠食者杀死的鸟类残骸上拔毛。这种方式听起来瘆人，但确实高效。

欧亚红尾鸲

一声清脆的“hoo-it”声，以及一个在8月的绿篱上一闪而过的橙色身影，就是欧亚红尾鸲开始迁徙的明确信号。这些让人印象深刻的小鸟在英国是夏候鸟，它们在4月来到英国，在8月和9月又会前往萨赫勒地区越冬，那是紧挨着撒哈拉沙漠南缘、横贯整个非洲的一片土地。

雄性欧亚红尾鸲是我们最英俊也最引人注目的繁殖鸟之一，它英文名（redstart）中的start偶然来自盎格鲁—撒克逊语词汇，意为“尾巴”。它的大小和欧亚鸲相仿，但看起来更加苗条，有着白色的前额、黑色的眼罩、灰色的头部，外加不停颤动的橘红色尾巴。正是这种颜色和颤尾的行为，将“火尾”加入了欧亚红尾鸲众多俗名的行列。

英格兰西部、威尔士以及苏格兰空气清新的橡树林是观赏欧亚红尾鸲的最好去处，在那里，羽色略淡的雌鸟会在树洞或墙缝中孵化自己天蓝色的卵。雄鸟从非洲返回繁殖地后，从4月到6月都会放声高歌。它的歌声以几段清亮的曲调开场，从来不会一直维持起初的音律，而且很快就衰减成一阵杂乱又含混的音节。维多利亚时代的博物学家W. H.赫德森曾如此总结它的歌声：“它只是一段序曲，从没有进入正式乐章。”

赫德森可能觉得欧亚红尾鸲的歌声短促而无法让人满意，但是这种歌声对作为士兵、诗人和鸟类学家的约翰·巴克斯顿来说却是最受欢迎的春之声。他在1940年结局悲惨的挪威战役中被俘虏，二战结束前的五年里一直在德国当战俘。

4月的一个清晨，他发现一对欧亚红尾鸲在战俘营里轻快地飞进

飞出，于是决定在接下来的繁殖季里每天观察它们的行为。他招募了几位狱友一起参与，由此建立了有史以来对这种鸟的繁殖行为最为详尽的记录。他们的工作获取了有关欧亚红尾鸲生活的令人着迷的洞见，战后巴克斯顿也出版了有关该鸟种的经典专著。

也许，更为重要的是，巴克斯顿和他的“战俘鸟类学家”同仁还发现了观察鸟类是让人在失去自由时也能保持正常心智与尊严的一个关键方式。直到今天，我们仍然可以体会他感受到的美好：当欧亚红尾鸲在夏末沿着透出斑驳阳光的绿篱一路向南时，我们也能品味到彼此的生命发生的短暂而又微妙的联系。

红腹灰雀

绿篱上闪现出一个白色身影，与之相伴的是一声轻柔得近乎稚嫩的哨音—对于一只红腹灰雀，你往往也就只能看到和听到这么多了。这种羞涩与雄鸟靓丽的颜色形成鲜明的对比，使得我们每次见到它们都颇感荣幸。

雄性红腹灰雀极富魅力，它的胸部为鲜艳的玫瑰粉色，与黑色的顶冠、脸颊和尾巴，以及灰色的背部和雪白的腰部形成强烈反差。雌鸟则灰中带粉，显得暗淡一些。但红腹灰雀雄鸟和雌鸟的模样都颇为壮实，这可能就是它们多少显得有些奇怪的英文名（bullfinch，直译为“公牛雀”）的由来。

其实“芽雀”这个名字会更为恰当，因为红腹灰雀在春季会大吃特吃乔木和灌木，尤其是果树上新发出的嫩芽。过去果农非常讨厌红腹灰雀，以至于在英国的很多地方，人们会悬赏捕杀它们。

根据17世纪和18世纪的教区开支账目记录，杀死一只红腹灰雀能得一个旧便士的赏金。柴郡的一个教区在三十六年里消灭了约7 000只红腹灰雀，在一年里最多干掉过452只。

直到20世纪后半叶，红腹灰雀仍然被当作害鸟对待，1954年通过的《鸟类保护法案》几乎对所有种类都提供了法律保护，但依然准许肯特郡和伊夫舍姆谷重要的水果产区捕杀红腹灰雀。甚至到了20世纪80年代，有个农场还雇人全职射杀红腹灰雀，不过酬劳已经变成了每只1英镑，相当于最初赏金的240倍。然而，在经历了长期的数量衰减之后，红腹灰雀如今已很少能聚集成足以危害整个果园的大群了。

石鹨

一只鸟必须变得足够坚韧，才能应对英国海滨的严酷生活。岩质的海岸线或许能提供防御良好的筑巢地，但这里要经受风浪的侵袭，也是最严苛、最具挑战性的环境之一。许多在此繁殖的鸟儿都是像海燕和鹱这样真正的海鸟，外加一些习惯在海岸栖息的鸟类，比如鸥类。但有一种通常默默无闻的鸣禽也勇敢地全年生活于此，这就是石鹨。

比起近亲草地鹨来，石鹨要壮实得多。它们的身材介于麻雀和椋鸟之间，烟灰色的羽毛构成了很好的伪装，使得它们在覆盖着水草的礁石上跳动，或在海浪四溅的崖顶觅食时，都不容易被发现。甚至连它们的腿也是深灰色的，只有当它们在礁石之间飞行时，它们才会发出容易被人觉察到的短而急促、上气不接下气的哨音。这叫声是如此之尖厉，即便在最大的海浪声中也清晰可闻。石鹨在英国主要分布于北部和西部的岩质海滨，就算在繁殖季节也不会出现在南部和东部的软质海滩。

8月间，石鹨通常会带着全家一起出游，它们与离巢的幼鸟一同在漂流到海岸的垃圾间寻觅昆虫和小型甲壳动物。小型沙蚤是它们的最爱，你只要翻开一丛海草，就会看到这些沙蚤像疯狂的跳蚤一般蹦到空中。

每一对亲鸟通常会抚育2窝雏鸟，因此8月间仍有一些雏鸟没有离巢。它们在岩龛下挤作一团，或是藏身于厚厚的海石竹和海滨蝇子草

之下，丝毫不会引起附近在海滩上度假的游人的注意。多数石鹨整年都待在海边，有些个体偶尔也会在内陆的砾石坑和水库出现。

短尾贼鸥

你用不着去公海或是最近的电影院观看海盗的行径，一次去北部设得兰地区观察短尾贼鸥的旅行，就可以起到同样的效果。

短尾贼鸥是海鸟世界中的土匪，它们在空中凶猛地追逐三趾鸥或燕鸥，直到这些倒霉蛋惊慌失措地反刍，吐出刚捕捉到的小鱼，这时追击的贼鸥就能在半空中获得一份免费的午餐。这种行为在学术上叫作“偷窃寄生”，该术语源于希腊语中的“偷窃”和“寄生”这两个词。但对普通观鸟者来说，海盗行为是同样恰当的表述。在北美，人们同样由于这样的行为而将其称为“寄生性贼鸥”（parasitic jaeger），这里的“贼鸥”（jaeger）一词源自德语中的“猎人”。

虽说短尾贼鸥有反社会的习性，但它们长得还算是相貌堂堂，修长的两翼展开时略有角度，中央尾羽突出，尖端带钩的喙令人生畏—这些特征使它们看起来像是桀骜不驯的鸥。它们是翱翔于大海上的隼，在飞行时跟真正的猛禽一样敏捷。一旦它们确定了劫掠的对象，受害者的一举一动就尽在掌握之中。正如其英文名中“北极”一词所表明的那样，你只有前往英国北部才能看到它们。虽说在南至阿盖尔郡的地方也有繁殖的个体，但绝大多数短尾贼鸥都在奥克尼郡和设得兰群岛繁殖。

短尾贼鸥长着一层厚厚的羽毛，代谢速率也很快，这些都是对北方高纬度地区生活的良好适应，但也使得它们不能在太靠南边、太过温暖的地方繁殖。

短尾贼鸥存在淡色型和暗色型这两种色型，两者差异之大，使它

们看上去像是完全不同的物种。不过即便一只短尾贼鸥通体为深棕褐色，另一只腹部为淡乳白色、脖颈两侧是如报春花般的淡黄色，不同色型的雌雄贼鸥也能结为配偶。越向北，淡色型个体就越多：在挪威斯匹次卑尔根岛，几乎所有的短尾贼鸥都是淡色型；而在设得兰群岛，淡色型只能占到四分之一。

与许多海鸟一样，短尾贼鸥也是浪迹全球的漫游者。繁殖季一结束，它们就会南飞，到南美和非洲近海过冬，甚至能到澳大利亚的东南部。秋季，当它们沿着英国海岸线南飞时，留意一下从风大浪急的海面上潇洒飞过，或是骚扰某只毫无戒心的海鸥的深色大鸟吧。

黄鹡鸰

头顶传来的一声响亮的“丝喂”是一个信号，它告诉你该抬头追寻空中黄鹡鸰一起一伏的飞行轨迹了。在夏末和秋天的乡村与城镇，你都能听到它们从上空飞过的声音。哪怕是匆匆一瞥，你也能明白它们因何而得名。[13]成年个体长着一条长尾，看起来很苗条。雄鸟有着金丝雀般的亮黄色，就像是一颗会飞的精致柠檬。雌鸟羽色没那么靓丽，幼鸟则是棕褐色，看起来就像草地鹨。

黄鹡鸰在英国是夏候鸟，它们从热带和赤道非洲迁徙而来，冒着洪水泛滥或被牛群踩踏的风险，把巢筑在潮湿的草地里。牲畜会吸引昆虫，所以在养小马驹的小围场和牧场上值得找找在牲畜附近跳动的鹡鸰，它们灵巧地在牲畜的蹄子之间捕捉着甲虫和苍蝇。

不幸的是，在过去五十年里，由于灌溉和集约农业改良的需求，能为繁殖的黄鹡鸰提供食物和隐蔽所的湿润草地一直都在减少。结果它成了全英国数量下降最快的鸟类之一，在过去几十年间竟减少了90%。

有些黄鹡鸰适应了在农田里，特别是在土豆田里繁殖，它们把巢建在作物间的田垄上，利用犁出的深沟来躲避捕食者。雄鸟依然忍不住炫耀的冲动，常常站立在显眼的木桩上歌唱—如果它发出的那种单调、重复的音节能被称作歌唱的话。

在全球范围内，黄鹡鸰广泛见于温带的欧洲和亚洲，西起大西洋沿岸，东到西伯利亚中部，都有它们的身影。但该种下面包含了18个不同的亚种，其中有的亚种非常独特，也许该划分为不同的独立种。在英国繁殖的亚种是*falvissima*，该词源于拉丁语，意为“最黄的”。[14]但无论它们的羽色是什么样，所有黄鹡鸰都如其英文名所称，不停地上下摆尾。

绿篱莺

8月末或9月初，如果你身处英国东海岸某地的一群观鸟者中间，你可能会突然听到激动的吼声：“我找到了一只河马（hippo）！”人们所谈论的生物并非著名的非洲哺乳动物，而是一只身形敦实、喙长而粗的莺类，它所在的篱莺属的属名*Hippolais*与河马的英文拼写有相似之处。

片刻之后，发现者确认了鸟种，喊道：“它是一只艾基（icky）！”这是观鸟者所使用的另一个简称，源自绿篱莺的英文名（icterine warbler）。绿篱莺与亲戚歌篱莺外形非常相似，区别只在于前者的两翼更长。

在英国，绿篱莺是一种不常见的访客，这也是观鸟者会那么激动的原因，它们多在夏末或初秋经过英国。离开欧洲北部和斯堪的纳维亚繁殖地的绿篱莺们向着西方和南方迁徙，最终会抵达非洲。

假设气象条件适合（最好是多云且有雨、刮着东南风的天气），有些绿篱莺会渐渐偏离南迁的路线，出现在英国东海岸，从最北的设得兰到最南的肯特郡都有可能。它们大多是在像费尔岛这样有大群观鸟者聚集的鸟类环志监测站，或像诺福克郡布莱克尼角这样著名的迁徙鸟类观察点被发现。

绿篱莺的英文名字源于古希腊语ikteros，这个词汇的本义是“黄疸”，可以说完美地形容了春季成年绿篱莺那仿佛有些褪色的黄色。但到了秋季，我们较有可能见到的幼鸟羽色更灰，此时很难准确辨识它们，在没有鸣唱可供参考的情况下更是如此。

绿篱莺偶尔也会在英国境内繁殖，比如斯特拉斯贝和奥克尼都曾有过记录。这些繁殖个体让我们有了难得的机会来聆听它们生动而多

样的鸣唱。绿篱莺有着高超的模仿能力，常会借鉴其他鸣禽的音节或曲段。在欧洲大陆上，它们最喜欢栖息在林地边缘、公园和长有树林的庭园里，这些地方有许多灌木丛和树木可供它们筑巢繁殖。

穗䳭

山坡周围传来一阵如同石子滚落般的叫声，在被风吹拂的旷野中漫步时，它是再恰当不过的伴奏。这声音来自我们看起来最有精神也最具魅力的鸣禽—穗䳭。它突然跳出来，站在长满地衣的巨石上，像阅兵式中的军人那样笔直地立着，警告你别再靠近。不像喧闹躁动的林岩鹨或莺类，穗䳭的每一个动作都显得干净利落。

它的正式英文名是northern wheatear（意为“北方的䳭”），这个名字把它与同属的其他种类区分开来。它也是䳭属当中唯一在欧洲北部温带地区繁殖的成员，其他的种类主要出没于北非和中东怪石嶙峋的沙漠。

雄性穗䳭有着黑色的眼罩、白色的腹部、灰色的背部和杏黄色的胸部，绝对是一种十分英俊的鸟。然而你第一眼看到的会是它白色的腰部。当穗䳭沿着小路飞走的时候，其腰部就像航标灯一样醒目，在阴沉雾天里的荒原上或山地间就更是如此了。

穗䳭的英文名wheatear正是源于其腰部，而与谷物毫无干系，它是盎格鲁—撒克逊语中“白色臀部”的文雅说法。雌鸟和幼鸟的腰部也是白色的，但颜色较暗淡且略带沙色。

穗䳭每年很早就回到英国，3月间就从非洲飞回来了，此时它们偏爱的草坡依然覆盖着冬日的积雪。它们会在巨石间的缝隙或野兔的旧洞里抚育1到2窝雏鸟，然后在8月初就踏上南迁的漫长旅程。幸运的是，它们似乎并不匆忙，常常在途中停下来觅食，犁过的农田、石南荒野或公地上都有它们的身影。有一次它们甚至出现在了正在举行比赛的罗德板球场上。

尽管在离开前它们还曾短暂地与我们相处，这种在夜间迁徙的小鸟却有着史诗般的旅程。夏末或秋天，你在本地的公地或运动场上见到的穗䳭来自遥远的格陵兰，甚至是加拿大的北极地区。多加练习，你便能认出那些体型更大也更为壮实的穗䳭，它们可能要跨越11 000千米以上才能到达非洲，这在全世界所有鸣禽所经历的迁徙征程当中是最长的。

白鹳

要查明好几个世纪前有哪些鸟在英国繁殖，需要做很多侦探般的工作，但偶尔也会出现一条记录，它就像所涉及的鸟类辨识特征本身一样确切无疑。英国唯一一次白鹳成功繁殖的记录正是如此，1416年，爱丁堡的圣贾尔斯教堂见证了这段历史。

在这之后，经过了几乎整整六个世纪，这些大型水鸟才又一次在英国尝试繁殖。2004年，人们发现一对白鹳在西约克郡的一座高压电塔上开始筑巢。遗憾的是，那个位置被认为太过危险，人们将鸟巢移到附近的人造平台上，结果那对鸟儿弃巢而去。

在欧洲大陆的红色波纹瓦屋顶上，有一个由树枝搭建而成的巨大鸟巢，双亲正在喂养巢中的雏鸟—这是有关白鹳的经典画面。不过，每年也会有几只白鹳出现在英国，主要是在春秋两季之间。它们往往居无定所，当意识到寻找配偶并不现实之后，它们很快就会借助最近的上升气流盘旋，飞往看起来更有希望的草场。

在英吉利海峡的另一侧，白鹳的数量正在上升，而且它们通常会受到当地居民的欢迎。当然，在某些情况下，它们巨大的鸟巢和随之而来的鸟粪与其说是被鼓励存在，倒不如说仅是被容忍了。在很多地方，屋顶上有一对白鹳筑巢被视为好运的象征，在波兰等国家，这还

意味着春天的来临。

可能是由于白鹳身形挺拔，而且有些像男性生殖器，人们总将它们与生育力联系在一起。当雌雄白鹳在巢中相遇时，它们会展现出配偶间的一种独特行为：它们一起敲击自己的喙，这是一种吵闹却亲密的炫耀行为，表示着对彼此的钟爱之情。

白鹳个头很大，身高超过1米，翼展则超过2米。每年它们都会在欧洲和非洲之间进行史诗般的迁徙。由于飞越大面积的开阔水域并非易事，它们会聚集于直布罗陀海峡和土耳其博斯普鲁斯海峡之类的关键跨海节点。在这些地方，我们有时会见到数万只白鹳从头顶飞过，这绝对是自然界最为壮丽的景象之一。

鹃头蜂鹰

“为什么会有黄蜂？”这是夏末我们常常扪心自问的话题。这些恼人的昆虫在我们周围嗡嗡作响，吓坏孩子们。毫无疑问，黄蜂在生态系统中扮演着重要的角色，但英国观鸟者之所以会热情欢迎它们，是因为鹃头蜂鹰这种英国最罕见也最难以琢磨的猛禽要以黄蜂的蛹和幼虫为食。

鹃头蜂鹰是英国的夏候鸟，尽管它们在欧洲大陆上分布广泛且相当常见，在这儿却总是难见踪影，一旦出现，保证会让观鸟者心跳加速。它们让人感到神秘，部分原因是尽管它们与欧亚𫛭的亲缘关系较远，但却跟后者长得非常像。这两种猛禽都有宽大的两翼，但如果一只在本地树林上方低空盘旋的猛禽有着长长的两翼，并将翅膀平举或是略向下压，还长着一条狭长的尾和一个小而前突的头，那它就很有可能是鹃头蜂鹰。

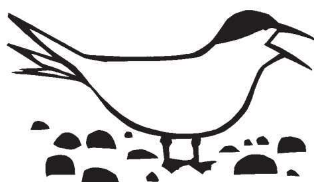
地点则是另一个判断的依据。在英国繁殖的鹃头蜂鹰约有55对，它们只零星分布在不列颠群岛上的少数几处树林里。你即便到达正确的位置，也依然需要耐心。鹃头蜂鹰很少长时间停留在空中，它们更愿意待在森林的树冠层，好搜寻林地间黄蜂或蜜蜂的蜂巢。

8月是寻找鹃头蜂鹰的好时节，因为此时幼鸟偶尔会跟父母一起在营巢的森林上方盘旋。它们看起来比欧亚𫛭体型更大，却没有那么

敦实，飞行的动作也更为松弛。

鹃头蜂鹰发现蜂巢后，实际上并不食用其中的蜂蜜。相反，它会用利爪拨出巢房，然后再用长且带钩的喙啄食蜂蛹大餐。家园被损毁的蜂当然会发起愤怒的报复，不过鹃头蜂鹰已经演化出了特别厚实的皮肤，脸颊周围还包有致密的鳞状羽毛，这些足以抵御蜂群的进攻。

普通燕鸥



一想到燕鸥，你眼前就会浮现出一只优雅的飞鸟猛地向海面俯冲的画面，难怪它们会有“海上燕子”的别名。看到一只燕鸥在主干道上川流不息的重型卡车上空飘荡，你可能会认为它一定是迷了路。然而事实远非如此，普通燕鸥早已习惯了内陆的生活，如今它们甚至在城镇的中心也能繁殖了。

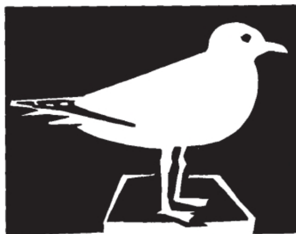
鸟如其名，普通燕鸥在英国的5种燕鸥当中是数量最多、分布最广的。它飞行时动作轻盈而优雅，张开纤长的两翼，在空中起伏不定，尾巴分叉很深，外侧延长的尾羽如飘带般拖在身后。

博物作家西蒙·巴恩斯曾令人难忘地把普通燕鸥描述成“一种死后会上天堂的鸥类”，这幅优雅而美丽的画面因燕鸥那刺耳的叫声而显得有些美中不足，那声音足以穿透嘈杂的城市交通噪声。

尽管仍有很多普通燕鸥继续在海滨筑巢，但生活在内陆的燕鸥如今已经习惯在湖泊和砾石坑边繁殖了。它们通常会选择水中的小岛筑巢，但也能很快适应保育工作者安放的人造漂筏。

有些普通燕鸥喜欢在这种人造漂筏上的开口金属丝笼里产卵，它们可以在这种环境里抚育长满绒毛的雏鸟，使其远离危险。但凡有捕食者靠近，它们通常都会被亲鸟锋利的鸟喙和不停的攻击所驱逐。雏鸟被喂以从附近的湖泊、河流和运河中捕来的小鱼，到了夏末便羽翼丰满。随后它们就准备踏上漫长的南迁之旅，去西非近海过冬。

海鸥



别被它的名字所愚弄，比起其他一些鸥科鸟类，海鸥既没那么常见，分布范围也没那么广泛。海鸥由18世纪的鸟类学家托马斯·彭南特命名（或是错误地命名），他把这种鸟描述为鸥属里数量最多的一种。当然，彭南特也许的确在苏格兰的某座湖泊边见过海鸥的繁殖地，在那儿它们确实很常见。

或许海鸥的英文名（common gull）是由它们的栖息地而来，因为该种确实常常聚集在开阔的草地，比如球场或者公地[15]。不过也许海鸥更为恰当的名字是北美地区使用的“喵鸥”（mew gull），这个名字由它们像家猫般的叫声而来。

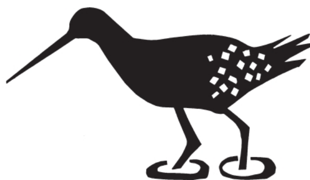
尽管海鸥也会在海岸边繁殖，但它们是真正属于高地的鸟类。它们聚集在高地湖泊中的岛屿上繁殖，或是在湿润荒原上的羊胡子草和灯芯草丛之间筑巢，在这些地方，来自捕食性兽类的威胁要小不少。尽管海鸥的繁殖地多在偏远的地方，但它们却是出了名地游手好闲，时常会打劫那些前往苏格兰高地的过路游客。

临近夏末，成年海鸥和幼鸟都会南迁，到农田里的开阔地觅食。许多海鸥也会进入城区，在公园和球场上寻觅蠕虫—到了冬季，也许它们更恰当的名字该是“球门柱鸥”。海鸥还会加入其他鸥类组成的大群，在垃圾填埋场上争抢食物残渣。

经过练习，你不难区分海鸥和其他鸥类。它们比红嘴鸥更大、更丰满，有一个观鸟者曾戏谑地写道，海鸥看起来似乎也更为可口。它们比银鸥明显要小巧很多，深灰色的两翼有着黑色的翼尖，翼尖上还有些白色的斑点，腿为绿色，喙则是亮黄色。不过它们真正独一无二的是那高亢、甜美的叫声，这声音粗犷而引人遐想，仿佛将苏格兰荒

原上的清新气味带到了我们灰暗的郊区。

鹤鹬



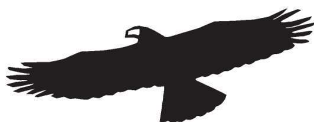
按博物学家和作家理查德·梅比的话说，鹤鹬那嘹亮而欢快的哨音“像搬运工人叫停出租车时吹的口哨”。另一个记住鹤鹬叫声的方法就是它只有两个音节，而红脚鹬的叫声有三个或更多音节。这种叫声常被记成“chew-it”，重音要放在第二个音节上。

鹤鹬是真正的“观鸟者的鸟类”，尽管这种长腿水鸟并不在英国境内繁殖，它们却在春秋两季大量经过这里。它们会在海岸湿地里停歇，为自己的漫长旅程补充能量。旅途的一端是位于西伯利亚和斯堪的纳维亚沼泽的夏季繁殖地，另一端则是位于非洲热带地区的越冬地。少数鹤鹬也会留在英国越冬，它们通常会待在英国南部的河口，这里更为温和的气候能为它们提供充足的食物。

八九月间，凭借鹤鹬更为修长的身形把它从本地更常见的留鸟红脚鹬当中分辨出来，令人颇为自得。它们的腿几乎和塍鹬的一样长，因此它们常常会走进比一般鸻鹬类所涉足区域更深的水中觅食。鹤鹬用它们血红色的长喙叼起小鱼或无脊椎动物。觅食的时候，它们的头就像缝纫机一样颇有节奏地上下摇摆。

秋冬季节的鹤鹬羽色暗淡，几乎为淡灰色。但当5月间向北方繁殖地迁徙时，它们已经换上了漂亮的繁殖羽，全身乌黑，背上却带有反差明显的银白斑点。它们的英文名（spotted redshank，意为“带斑点的红脚鹬”）也由此而来。有了这身华丽羽饰，鹤鹬就是全世界最神气也最有辨识度的鸻鹬类之一。

金雕



在我们的民俗和文化中，雕占据着中心位置，从文明发端之时起，它们就象征着力量与威严。因此尽管我们没法每天都见到这些壮观的大鸟，但是在广告、公司的标志，甚至本书所用的字体中，它们的影响还是无处不在。现代英文字母中小写的“a”就是以一只蹲坐的雕的形状为基础的。这个字母最早源于古埃及的象形文字，后来腓尼基人采纳了它，发展出第一套字母表。

现实世界里的金雕也同样令人印象深刻。当你远远地瞥见一只金雕在苏格兰某条峡谷上空毫不费力地盘旋时，以那巨大的山体为背景，你很难觉察出它的真正大小。但其实金雕真的非常大。它们的翼展超过2米，求偶炫耀充满了戏剧性：两只金雕在它们辽阔的领域上空盘旋、急速下坠、忽高忽低地翱翔，表演着令人惊叹的飞行特技。

捕猎时的金雕会向着目标高速俯冲，用它无比锋利的爪子抓住并杀死毫无防备的猎物，这些猎物包括岩雷鸟、柳雷鸟，或是雪兔。金雕也食腐，它们会吃鹿的尸体，在冬季尤其如此。

有一个专门的词汇“鹰巢”（eyrie）被用来指代金雕用树枝和树杈筑起的巨大的巢。主要以雪兔为食的金雕通常在较低的山坡上筑巢，位置要明显低于以体重较轻的岩雷鸟或柳雷鸟为食的金雕的巢；如此一来，它们就不用带着沉重的猎物飞上高山，从而节省体力。

雏雕在巢中的生活会很残酷。尽管雌性金雕通常会产2枚卵，孵出2只雏雕，但有时先孵出的较大的雏雕会杀死晚孵出的胞亲。这种行为叫作“该隐现象”或“该隐与亚伯综合征”，它得名于《圣经》中亚当和夏娃的儿子该隐杀死亲弟弟亚伯的故事。

有一种解释认为，这样的可怕行径只有在食物短缺、亲鸟无法带回足够的食物时才会发生。可有时即便食物充足，晚孵出的雏鸟也还是会被杀死，可能年长的雏雕就是想要独占所有食物吧。

白尾海雕

白尾海雕常常被形容成“飞行的谷仓门”，它绝对让人印象深刻。它是英国最大的猛禽，甚至比金雕更大、更壮实。这种硕大的猛禽是英国最令人难忘的野生生物之一。

白尾海雕在地面移动时会让人联想到一只大的哺乳动物。它羽毛蓬松，通体棕褐色，头部色浅，有着一个巨大的黄色喙。成年的海雕在飞行中会显露出雪白色的楔形尾，与巨大的长方形深色两翼形成鲜明对比，这是它们最为显著的特征，也确实配得上“谷仓门”的比喻。

但在一战至20世纪70年代的很长一段时间里，除了偶尔有从斯堪的纳维亚跨越北海而来的十分罕见的迷鸟，你在英国根本见不到白尾海雕。这是因为，从维多利亚时代一直到爱德华时期，英国人将在本土繁殖的白尾海雕赶尽杀绝了，1916年，最后一对白尾海雕在斯凯岛上筑巢。

20世纪60年代，人们试图在奥克尼和设得兰之间的费尔岛上重新引入白尾海雕。那是一次失败的尝试，但我们从中学到了重要的经验。20世纪70年代中期，人们在内赫布里底群岛的朗姆岛上再次野放了白尾海雕。

经过缓慢的起步阶段，尽管有时会受到当地农民和农场主的阻挠，白尾海雕的种群还是在英国慢慢扎下了根。现在有50对以上的繁殖鸟生活在苏格兰的西部，2013年在法夫营巢的一对海雕则标志着在东海岸实施的再引入项目也取得了进展。

马尔岛的居民把白尾海雕当成他们的宝贝，当地学校里的孩子以动画片《辛普森一家》里的角色给两只雏雕命名，它们也成为BBC《春日观察》栏目中的常客。白尾海雕回报了当地的善意，每年它们能给当地带来500万英镑的收入，这成为野生动物观光旅游提振偏远社区经济的一个良好案例。

但并不是所有人都欢迎这些大鸟。东安格利亚地区的一个再引入项目就搁浅了—由于白尾海雕可能会杀死牲畜引发了争议，当地政府被说服暂停了这个项目。所以，你如果想在英国南部的沼泽上空观赏到一对壮美的白尾海雕，可能要等上很长时间了。

横斑林莺

横斑林莺的眼睛为炫目的黄色，背部为灰色，胸腹部有细密的鳞纹，尾长且尾端为白色，它总是让见到它的人兴奋不已。但在英国你基本不可能听到它的鸣唱，因为横斑林莺只是途经英国的罕见旅鸟，而且在春季几乎见不到。而夏末和秋季出现的个体基本上都是幼鸟，这时的它们羽色浅淡，但仍然会是深受欢迎的发现。

横斑林莺较为粗壮，体型稍大于家麻雀，是我们本土更为常见的黑顶林莺及白喉林莺的近亲。它们的繁殖地从中欧的温带地区向东延伸，穿过俄罗斯，直到哈萨克斯坦和蒙古。尽管横斑林莺在全年的大部分时间里行踪隐匿，但到了繁殖季，雄鸟会进行“炫鸣飞行”，它们在升到约10米高的空中之后，又滑落到附近的灌木丛里。飞行过程中，它们会发出独特的振翅声。

大部分出现在我们这里的幼鸟都是偏离了方向的个体，它们在飞往南苏丹和坦桑尼亚之间一块相对较小的越冬区的途中，越过北海来到英国。它们通常出现在英国东部和北部海岸边的灌木丛里，最终这些小家伙还是会重新找到方向，继续南迁的旅程。

尽管比起较小而纤瘦的亲戚来，体型更大的横斑林莺显得略微笨拙一些，但它们同样很难被人发现。这会让想把它们看清楚的观鸟者感到沮丧。通常在环志人员张开雾网捕捉候鸟，一只横斑林莺撞入网内的时候，我们才会发现它们的行踪。

然而，跟其他一些罕见的候鸟不同，出现在英国的横斑林莺的数

量似乎在下降，这可能反映出在英国以东的繁殖地，它们的数量正在减少。

9月

家燕

粉红燕鸥

青脚鹬

柳雷鸟

草地鹨

白腰草鹬

林鹬

大鹱

燕隼

翻石鹬

欧歌鸲

松鸦

蓝喉歌鸲

水栖苇莺

歌篱莺

大苇莺

平原鹨

欧洲丝雀

扫码欣赏图片和鸟鸣

引子

在人类世界里，9月是变化的季节，我们要结束悠长的暑期假日，回归工作和学校。从天气角度来说，这又是值得称道的一个月。正如诗人济慈的著名诗句“薄雾弥漫、果实醇香的秋”所言，夏日已近尾声，秋季徐徐开始。

对我们的多数野生动物来说，9月是悄然撤离的一个月。花朵变少了，大黄蜂群也正在减少。许多种蝴蝶都已消失，还能见到的种类在数量上也大不如前。

而对鸟儿和观鸟者而言，这却是心跳加速的激动时刻：风向开始改变，各种有关罕见或出人意料的候鸟的传言也随之而来。许多观鸟者都义无反顾地被吸引至位置偏远的鸟类环志监测站，人们在这里用雾网捕捉鸟类，以便环志。观鸟者徘徊于巨大的网阵周边，或是在附近看起来不错的灌木丛里转悠，希望能碰上一只不走运的过客。在他们的耳语里，来自俄罗斯北部的鸟被称作“西伯”，来自北美的鸟则被叫作“美国佬”，它们都是被大风刮偏了方向，或是背叛自身基因而选择错误迁徙路线的迷鸟。

9月是两个重要迁徙月份中的第一个，此时的激动心情并不仅仅与罕见鸟种相关，庞大的鸟类数量同样令人着迷。沿着北海边缘南迁的候鸟们会因大雨或强风天气，被迫暂缓行程。出现这样的情况时，我们的东海岸会突然出现大量的候鸟。各种莺、䳭、鸫和鹟们“从天而降”，你也很有可能见到像蓝喉歌鸲、蚁□或圃鹀这样的稀客。

然而你不用住在海边，也能见证迁徙的过程。只需走进花园，或是找一个能够扫视天空的制高点，你很快就会发现向着既定目标移动的鸟儿飞过头顶。草地鹨通常在9月初就开始迁离位于高地的繁殖区，向南飞行，成为本月里迁徙大军最早的先头部队之一。

如果你住在低海拔地区，在夏季很难见到草地鹨，那么头顶上空传来的第一声“seep, seep”就立刻提醒你秋天已经来临。抬头望天，你会看到一个或更多逆风而行的小点，这是飞越城市或乡村的草地鹨，它们正前往草地和盐沼，准备在那些地方越冬。

你还可能见到跟草地鹨一起赶路的小群云雀或苍头燕雀。找一个好的观察点，发生在眼前的迁徙很快就会令你欲罢不能了。9月里总有机会见证一些真正不凡之物飞越头顶，比如一只正飞往西非的鹗，或是一只南迁的鹃头蜂鹰；就在一周前，后者可能还在斯堪的纳维亚的某座森林里享用着蜂蛹大餐。

家燕和白腹毛脚燕的身影肯定会出现在天空中，9月的迁徙观察中有一个交织着酸楚和欣喜的乐趣，那就是看着它们目标坚定地南飞。但这并非一去不回，而是在下一个春季来临前的暂时别离。在欧洲大陆繁殖的家燕此时也会加入我们的家燕，在旅途中夜栖于芦苇荡或低矮的柳林。白腹毛脚燕和家燕还是此时尚年轻的燕隼所喜爱的猎物，这些幼隼刚刚羽翼丰满，在踏上去往非洲的漫长旅途前，它们正抓紧时间磨砺自己的捕猎技能。

经过整夜的飞行之后，黎明破晓前许多候鸟会落地觅食几个小时，在它们再次启程前会逗留一天左右。扫视你身边的球场或任何有开阔草地的地方，你可能会找到一只掠过草坪的穗䳭，飞行时它那白色的腰部分外耀眼。并非所有的候鸟都这般易见，尝试悄声走近一团黑莓灌木，或是一丛结着浆果的接骨木，你可能会见到在长满黑紫色浆果的枝干间跳动的小莺们。它们也许是黑顶林莺、庭园林莺或灰白喉林莺，甚至是长相干净利落的白喉林莺，后者纯白的胸部可能已经染上了紫色的浆果汁。为眼前的漫长旅程增肥显然至关重要。

虽说动身离开是9月的主旋律，但我们也别忘了还有不少候鸟正在迁来。从冰岛来的粉脚雁已经踏上了苏格兰和英格兰北部的土地，这是让我们冬季岁月里回响着鸭鸣雁叫的雁鸭类大聚集的前奏。而自家花园里，留居的欧亚鸲在9月的清晨放声歌唱，赶在它们的欧洲大陆同类随10月迁徙高峰到来之前建立起自己的领域。

家燕

聚集在电线上叽叽喳喳叫着的家燕，很像五线谱上的一个个音符。当夏日无可挽回地转向秋天，昆虫的数量随之急速下降，家燕们也开始忙碌地为南迁的长途旅行做准备。家燕的体重约为20克，还不到1盎司，但这种能力了得的小鸟却几乎比我们其他任何夏候鸟都飞得远。有些家燕可远行至非洲最南端的好望角，来回的路程差不多有20 000千米。

家燕成鸟是最光鲜也最优雅的鸟类之一，它有着长而分叉的尾、泛着蓝光的背和两翼，喉部还有一个砖红色区域。有些雄鸟飘逸的外侧尾羽的长度远超同类，现在我们知道雌鸟会认为这很有吸引力，也更愿意与这些尾羽较长的雄鸟交配。

在9月里晴朗的一天，请注意观察混在家燕群里的、夏季刚诞生的幼鸟。比起父母来，它们的尾更短，喉部羽色暗淡，整体羽色也缺乏光泽。有些幼鸟刚刚离开谷仓里或屋檐下的安乐窝。一只雌家燕通常每年会养育2窝小鸟，如果天气晴朗温暖，有足够的昆虫可吃，它甚至有可能抚育第三窝鸟。

幼鸟离巢后会和其他家燕集群，有时候也会跟白腹毛脚燕和崖沙燕混群，再开始它们那史诗般的旅程。启程前它们仿佛不知疲倦，四处翻飞且彼此间不停鸣叫，直到再次落地休息为止。它们仿佛是在相互鼓舞士气，最终一起南飞。英语中没有专门的词汇来描述这种迁徙前激动的状态，但在德语里它被称为Zugunruhe（迁徙兴奋）。

有时你会看到一只家燕落在电线上开始鸣叫。一两分钟之内，第二只赶了过来，之后又是一只，再一只，直到几十只聚集在一起。但这些不一定就是本地的家燕，它们当中常常包括在斯堪的纳维亚繁殖、越过北海而来的个体。这些家燕和英国的家燕汇聚在一起，然后再开始那惊人的旅行，飞越地中海、撒哈拉沙漠，最后到达非洲的最

南端。

粉红燕鸥

作为英国最罕见也最受欢迎的繁殖海鸟之一，粉红燕鸥长得极为精致，但叫声却粗哑而聒噪，与它那优雅的外表很不相符。它的英文名中的roseate意为“满脸粉红”，在夏天的繁殖季，它的前胸也确实染有淡粉色。

粉红燕鸥的背部和两翼为耀眼的雪白色，这是从远处将它和近似种类区分开来的最佳辨识特征，这颜色与普通燕鸥、北极燕鸥那样青灰的色调截然不同。若仔细观察，你还会注意到它们的喙是全黑的，而不像其他燕鸥那样呈红色。然而9月间，当许多幼鸟也在南迁时，由于和别的燕鸥十分相似，它们常常会被忽视。

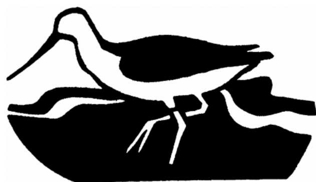
粉红燕鸥只在不列颠群岛的少数几个地方繁殖，它们偏好像诺森伯兰郡的科奎特岛这样的小岛。威尔士的安格尔西岛也是其繁殖地，但它们最主要的繁殖地是爱尔兰海另一侧的洛克比尔岛，它距离繁忙的都柏林市仅几英里之遥。

粉红燕鸥在全球分布很广，在七大洲中有六个大洲都有它们的身影。它们最主要的分布区位于西太平洋，从日本、中国台湾向南延伸，一直到澳大利亚。它们在东非和印度洋也有大的繁殖地，而美国东部和加勒比地区的繁殖地则相对较小。

西欧的粉红燕鸥数量从20世纪60年代开始就急剧下降，我们几乎可以肯定，这是因为它们在越冬地蒙受了不幸。在西非近海，当地人用带饵的鱼钩大量捕捉这种鸟类，有时是为了把它们作为食物，有时纯是为了娱乐，甚至是为了得到燕鸥的脚环。西方科学家用脚环标记来监测燕鸥的迁徙，在当地它们却成了富有吸引力的手镯和项链制作材料。保育工作者在加纳等国的社区成功地开展工作，通过教育使当

地人了解粉红燕鸥所受到的威胁。随着当地经济状况的同步改善，这些工作可能会让粉红燕鸥这种雅致的鸟类有一个乐观的未来。

青脚鹬



在秋季沿着河口的边缘漫步，你能听到空中回荡着鸻鹬类的叫声：蛎鹬吹起尖厉的口哨，白腰杓鹬幽咽地哀鸣，红脚鹬发出短促的叫声—由于红脚鹬经常做出警戒行为，它们被称作“湿地督察员”。

片刻之后，这鸻鹬大合唱中冒出了另一个声音。那是一种响亮的三音节的鸣叫，很像红脚鹬的鸣声，但不知何故，它的音调更优美，也更加悦耳。当那只鸟落在一条细流弯曲的地方，并且紧张地上下摆动时，你能看到它是一只高挑优雅、羽色浅淡的鹬。这是一只青脚鹬。

从它的名字你可能猜到，这种活跃而外向的鸟儿有着青绿色的腿。它那灰色的背部点缀着地衣状的斑点，腹部则是纯白色。飞行时，它那亮白色的后腰像信号灯般闪闪发光，在阴沉的秋日尤其如此。青脚鹬富于变化的笛声有种令人惊奇的能力，它在任何地方都可以激起最大的声学效果，也是秋季迁徙正在如火如荼地进行的确切讯号。

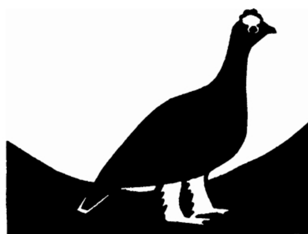
我们在低地池塘及河口见到的青脚鹬，是从斯堪的纳维亚或苏格兰北部的繁殖地迁徙而来的，那些地方已是青脚鹬全球繁殖区的最西缘。在英国，它们的繁殖地位于苏格兰最北端凯斯内斯郡与萨瑟兰郡的湿地泥潭和泥炭沼泽。

雄青脚鹬的领域处在湿地和泥炭沼泽之间，上面有星罗棋布的湖泊与水塘。它们在进行精巧的求偶炫耀飞行时也发出鸣叫，以吸引雌鸟的目光。配对成功后，雌鸟很快会产下4枚米黄色的卵，其上带有棕色的斑驳花纹，这在地衣和干草中是良好的保护色。

在秋季，幼鸟和成年青脚鹬都会南迁至南欧或非洲的越冬地。有些青脚鹬则在靠近繁殖地的地方逗留，英国南部和西部海滨的小河口

附近回荡着它们激动人心的叫声。

柳雷鸟



一阵奇怪的咯咯声在清风拂过的旷野上响起，这是柳雷鸟在此常驻的明显证据。扫视覆盖着石南花的小丘，你可能会看见一个矮胖的棕红色身躯匍匐于一小片烧过的空地，或在紫色的花穗间发现雄鸟醒目的猩红色肉垂。

通常先是它们那好像“go-back, go-back”（回来，回来）的叫声吸引了我们的注意，之后一小群柳雷鸟两翼后弯，飞快地掠过地面。这种体验象征着柳雷鸟这一活跃的猎禽的栖息环境——一幅有关野性和荒野的真实景象。

然而多数柳雷鸟猎场却是你所能想象到的人工痕迹最重的栖息环境。说到柳雷鸟所谓的野性，再没有任何一种英国鸟类像它们这样受到精心的管理和照料。这般待遇几乎从柳雷鸟诞生的那一刻起，一直持续到它们在“猎禽盛典”上遭遇创造这一切的猎人。

柳雷鸟是一种挑剔的鸟类，既需要以鲜嫩的石南为食，又需要成熟的石南丛作为庇护，以躲避捕食者和恶劣天气。这样混杂的环境由一群猎场管理人员创造出来，以满足柳雷鸟的各种需求。

如此操作当然不是出于利他主义。柳雷鸟实际上是英国猎场中最昂贵的猎禽。人为地给柳雷鸟提供最好的营养和保护，目的在于延续价值上百万英镑的柳雷鸟狩猎生意，那些狂热爱好者愿意每天为此花费数千英镑。

毫无疑问，柳雷鸟狩猎每年给苏格兰和英格兰北部的高地地区带来了可观的经济收入。但有得必有失，在这个例子里，白尾鹞及其他天敌都被人为地从大面积的柳雷鸟生境中清除。尽管违反法律，对猛禽的这种无情捕杀还是在继续，现在它已成了英国土地所有者和保育

工作者之间最为严重的分歧。

矛盾的是，如果不控制天敌并人为干预栖息地，英国的柳雷鸟至少会处于濒危的境地，甚至有可能完全灭绝。那显然事关重大，因为柳雷鸟不仅是一种美丽的鸟儿，而且这一独特的亚种还是英国和爱尔兰所特有的。

现在英国大约有25万只柳雷鸟，它们从生到死都处于人类的监控之下。但正因围绕柳雷鸟的论战，我们可能忽视了这是一种独特且极富吸引力的鸟类的事实，它们早已演化出适应英国最恶劣的自然环境的非凡能力。

草地鹨

有些鸟立刻就能用自己的特点吸引你的注意，比如大杜鹃的鸣叫、普通翠鸟的色泽，或是红领绿鹦鹉那充满异域风情的羽饰。另一些鸟，比如草地鹨，却要朴实得多，它们以不那么张扬的方式展现个性。

即便如此，草地鹨也以它的方式呈现了英国的四季变换，甚至比燕子和杜鹃还要显著。从劲风吹拂的海岸到偏僻的农场，从遥远的山坡到嘈杂的都市中心，几乎在英国的每一种栖息环境里都能听见草地鹨那特别的尖细鸣叫。在季节变换的关键节点，离夏入秋或冬去春来之时，天空中常常会传来这种小型鸣禽的声音。

秋季，位于高地的草地鹨繁殖地周边的昆虫变少了，它们开始迁往低处。9月的一个清晨，天空中传来的“seep, seep”的叫声，这是提醒居住在草地鹨繁殖地之外的人们，季节正在变换。你抬头便能见到小群的草地鹨迎着风，努力扇动翅膀向南飞去。这些鸟儿落到地面时几乎毫不起眼，但当它们在草丛中摇摇摆摆地走来走去时，还是有一种安静的魅力。

冬季，在农田、盐沼、高低不平的草地及公地，在英国几乎任何低海拔的地方，你都能见到草地鹨。而到了春夏，它们又回到山区、高地沼泽和草原上；在那里，雄鸟会像牵线木偶一样起起落落，并唱出动人的旋律。乍看起来，草地鹨是典型的“棕色小家伙”，它们像瘦长的麻雀，但又长着细长的喙。但仔细观察你会发现，它们身上带有细微的米黄色、橄榄绿色和赭红色，胸部则有深色的斑点和条纹。

它们在草丛或者石南丛里筑巢，虽尽力掩藏，但还是经常被大杜

鹃发现。它们是大杜鹃在英国的三种主要宿主之一，许多草地鹨亲鸟的繁殖努力以白天拼命捕捉昆虫、将其喂到比它们体型还大的杜鹃雏鸟嘴里而告终。

白腰草鹬

一只白腰草鹬猛地鸣叫着从池塘中惊起，深色的背和两翼衬托出亮白色的腰，像一只大号的白腹毛脚燕。真假声灵活变换的嗓音，往往是这种有些歇斯底里、难以预料的秋季过客在场的第一个迹象。它会隐藏在最小的池塘或最狭窄的水渠里，受惊扰后从觅食的地方一跃而起，飘然远去。

白腰草鹬害羞惧生，当它在泥泞水塘边啪嗒啪嗒走动时，你最好是躲在观鸟掩体里进行观察。它的两腿为深橄榄绿色，除此之外，它的背部是墨绿色，胸腹部是白色，还有一个白色的眼圈。当它飞行时，你会看到耀眼的白色腰部，并听到悦耳的笛音。

到了9月，大多数白腰草鹬已经在南迁途中经过了英国，这种优雅的小型鸻鹬类是秋季最早的过客之一。第一只白腰草鹬可能在7月初甚至6月下旬就已现身。对这些鸟儿来说，秋季来得要早些。它们偏爱淡水生境，在这些地方食用水生无脊椎动物和小鱼时，身体总是一上一下地点动，跟体型稍小的亲戚矶鹬一样。

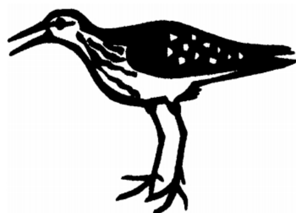
作为秋季候鸟迁徙的先锋，白腰草鹬们已经完成了在斯堪的纳维亚广袤森林里繁育后代的重任，正在前往非洲越冬地的路上。在繁殖地的时候，雄鸟会站在高大的冷杉树顶唱起情歌，音调优美得惊人。但最让人感到意外的是，雌鸟并不像别的鸻鹬类那样把卵产在地面，而是产在树上的巢中。它会选择其他鸟废弃的巢或松鼠的窝，其中的松针能为孵卵的雌鸟提供庇护。

雏鸟孵化后直接毫发无损地跳到地面上，并由亲鸟护送到安全的觅食场所，直到为生命中第一次向南的长途迁徙做好准备。一小群白腰草鹬也在英国繁殖，但是自从20世纪50年代晚期在苏格兰高地第一次被发现以来，它们还没能像近亲林鹬那样发展成一个稳定的繁殖种群。

林鹬

9月里一个狂风大作的日子，一种好像玩具哨笛发出的声音在大风拂过的东部海岸边的一片淡水沼泽地里回荡。这是刚从东北方飞来的林鹬，它是我们长相最优雅的中型涉禽之一。

南迁途中，林鹬会在英国的这个地区停栖，通常是在7月到9月末出现。这些过客中有许多是当年出生的幼鸟。它们有着整洁的羽饰，背部有密集的斑点，两腿和成鸟一样，是黄色的。不过，是那尖亮的鸣叫提醒着你，它们就在附近。



林鹬在斯堪的纳维亚北部的森林和沼泽里筑巢繁殖，在苏格兰北部也有一个很小且隐秘的繁殖群体，只有十来对。它们喜欢偏远的沼泽，通常在长着高草或石南灌木的地面营巢，每窝产4枚棕绿色的斑驳鸟卵。林鹬也会利用欧歌鸫、田鸫、喜鹊等鸟类废弃的巢。雏鸟一旦出壳，父母会哺育它们几天，但亲鸟开始南迁的时候，它们就必须自己照顾自己了。

林鹬所生活的两个世界之间的反差几乎不可能再大了，它们会在非洲的湖泊和水塘边度过半年的时间，在火烈鸟的长腿间优美地掠飞，或是在喝水的角马眼皮底下捕食飞蝇。

大鹱

要想寻找大鹱，你需要耐心和稳健的双腿，以及不晕船的胃。很少有别的英国鸟类像大鹱这样难见，这种魅力非凡的公海旅行家确实很少游荡到我们这里来。

最常看到大鹱的地方，是英国西航道入口处锡利群岛之外很远的海上，在起伏的客轮甲板上。夏末和初秋夕阳开始落下的时候是观察大鹱的最好时机，用成桶腐烂的鱼内脏混合物能吸引大群海鸟靠近船只，这油乎乎的诱饵保证能让最有经验的海员也感到恶心。

在更为常见的鸥类和鲣鸟里往往混着旋风般的海燕群、一只鬼鬼祟祟的贼鸥，以及一两只装点门面的燕鸥。之后没有任何先兆，一只体型较大、整体呈流线型的深色鸟儿突然俯冲下来，像空中的鲨鱼般威严。这就是一只被死鱼的腐臭味吸引来的大鹱。

大鹱的翼展超过1米，让体型稍小也更为常见的近亲大西洋鹱相形见绌。它的背部为棕色，翼梢颜色更深，腹部为白色，白色的两颊与深色的顶冠对比鲜明。它的两翼形状独特，显得僵直。

如果你想看到这种特别的鸟儿，时间最为关键。它们并不在英国和欧洲大陆繁殖，事实上也根本不在北半球的任何地方繁殖。大鹱的主要筑巢地位于南大西洋中间的特里斯坦—达库尼亚群岛，在这些遥不可及的火山岛上，约有500万对大鹱将巢建在地下深处的洞穴里。

繁殖结束后，大鹱们便四散开来，其中有许多个体追寻着鱼群和乌贼群北飞。它们会沿着北大西洋飞出一条弧形线路，先是顺着北美的东海岸北上，然后转向南方，经过靠近英国和爱尔兰西南海岸的地方。大鹱数量的年际变化很大，有时一个秋季就有数千只经过，第二年却大大减少，这些都取决于当时盛行的风向及天气状况。

如果坐船出海投饵诱鸟不起作用，你还能去康沃尔郡或者爱尔兰的岬角碰碰运气，在那儿支起高倍单筒望远镜凝神搜寻浪尖。若想近距离遇见这些环球旅行家，目前最佳的选择还是在秋季乘船远航，挺进大西洋。

燕隼

燕隼是一种非常漂亮的隼，它有着镰刀形的两翼，臀部和腿部有砖红色羽毛，像是套着红色的裤子，脸颊上有黑色的髭纹。关于它们，还有一个保育成功的暖心故事。回到20世纪70年代，只有不到100对燕隼在英国繁殖，它们主要分布在新森林国家公园以及索尔兹伯里平原，在那儿时常成为不择手段的偷蛋贼的目标。但从那以后，由于我们尚不完全清楚的原因，燕隼的命运发生了好的转变。现在大约有3 000对燕隼在英国繁殖，分布区的北端远至苏格兰高地的斯特拉斯贝。

初秋是在湖面、沼泽以及农田上空寻找这种优美隼类的好时机，新离巢的幼隼此时正在家燕、白腹毛脚燕和各种蜻蜓身上练习捕猎技巧。燕隼是技术娴熟的猎手，能在9月宁静的空中捕捉像大蚊这么小的昆虫，用喙轻轻剥去大蚊的翅膀，再将它们吞下去。

幼隼在9月里通常会和它们的父母待在一起，组成家庭群，共同猎捕鸟类和昆虫；据推测，它们能够从更有经验的父母那里学习捕食技能。你即便只通过轮廓，也可以将燕隼与留居的红隼区分开来：前者的飞行动作更加舒展且更灵活，在迅猛追逐猎物的间隙，它们总会悠然盘旋。比起红隼，燕隼的尾更短，身形看起来更壮实，并且它们从不悬停。

到了10月初，大多数燕隼都已经尾随南迁的燕子们离开。英国的燕隼会到非洲中部和东非的稀树草原上越冬，第二年的4月末或5月初又回来。长途迁徙结束后，它们会在英国南部的湿地上空聚成多达50只的集群，再次享用起家燕、白腹毛脚燕和蜻蜓大餐。

之后它们就会分散开，安定下来筑巢繁殖，行踪也变得更为隐秘。燕隼通常会直接利用乌鸦的旧巢。为了哺育日渐长大的雏鸟，燕

隼甚至会做出各种令人窒息的空中特技动作来追逐雨燕。

燕隼的英文名（hobby）来自古法语单词hober，意为“跳起来”，这可能是指它精妙的飞行动作。即使不是观鸟者，你或许也很熟悉燕隼学名里的种本名*subbuteo*，它跟几代人所喜爱的桌面足球游戏是同一个词。

这种游戏的发明者彼得·阿道夫最初就想称它为“燕隼”，但政府不允许把这个词用作商标。作为一名狂热的观鸟者，彼得便选用了燕隼那原意为“小型的𫛭”的种本名来作为替代名。

翻石鹬

在潮水已经退去的一个秋日，银鸥和大黑背鸥朝海滩俯冲，抓取一切因退潮而留下的能吃的东西。海滩上还有一群体型较小的鸟儿，它们有着带有斑点的棕色羽饰，四处走动觅食时和地面那些亮闪闪的石头完美地混在一起。这就是翻石鹬。

翻石鹬是身材矮小而壮实的鸻鹬类，正如它们的名字所示，这些鸟儿能把石块或卵石翻开，探寻被海草遮住的小型贝类和甲壳类动物。之后它们会用短而有力的喙处死并拆解这些猎物。

沙滩上这些不太起眼的家伙是了不起的环球旅行家之一。它们的旅行始于北极地区的高纬度繁殖地，终于遍布全球海岸的越冬地；从欧洲到南非，从美国到南美，从泰国到澳大利亚，到处都能见到翻石鹬。有些个体在向南迁徙时途经英国，另一些则会在这里度过整个冬天。

翻石鹬冬季的羽饰相当单调，乏善可陈；但在春季和夏季，它则会变得像玳瑁猫一样，遍布杂乱无章的花纹。鲜明的栗色、黑色和白色糅杂在一起，让它变成了一种真正漂亮的鸟儿。

也许是因为繁殖地太过偏远，它们看起来并不怕人，常常出没于游客众多的海滨度假村周围。有人曾发现翻石鹬在康沃尔郡一家仓库的雨水收集渠里觅食，甚至还有翻石鹬乘坐轮渡过河的记录。

但最吸引人的还是翻石鹬的食性。和一般的鸻鹬类不同，翻石鹬的食性非常广泛，它们会尝试所能遇到的一切东西，一次取食腐尸的行为已经成为鸟类学观察领域的经典事例。

《英国鸟类》杂志的一位通讯员曾经报道，1966年2月，他在安格尔西岛的沙滩漫步时发现5只翻石鹬正在进食。起初他以为那是海

边一只溺水而亡的猪，翻石鹬们则从其脸部和脖子上撕扯小片的肌肉。而当他靠近之后，他才惊恐地发现这些翻石鹬正在啄食一具人类尸体。

欧歌鸲

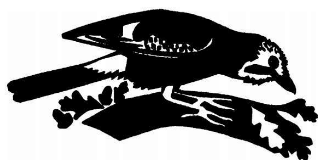
秋季，英国的大多数繁殖鸟类早已启程，踏上去往非洲的南迁之旅，此时如果你足够幸运，在东海岸地区撞见了一只歌鸲，那么你不妨仔细观察一下。这只鸟的前胸若是有一些淡淡的、好似鸫类的斑，那么它就很有可能是新疆歌鸲那来自北方且罕见得多的亲戚—欧歌鸲。

在英国的北面或东面，如瑞典南部、芬兰和东欧，欧歌鸲取代了近亲新疆歌鸲。在每个春季，它们的歌声成了布拉格、莫斯科和布达佩斯林木茂密的公园的标志。如果你能看到一只，其浅淡的羽色和上翘的尾巴会让你立刻认出它是歌鸲。但它与在英国或西欧、南欧地区繁殖的新疆歌鸲之间还是存有细微的差异。

除了胸部有类似鸫类的图案之外，它的羽色比亲戚新疆歌鸲更灰且少红褐色。尽管两种歌鸲的鸣唱都有多次重复的段落，但欧歌鸲还有些欧歌鸫的腔调。总的来说，欧歌鸲鸣唱中的哨声、噗噗声和呱呱声不如新疆歌鸲那么变化多端，其曲调渐强的趋势也要少一些，此外它歌唱的节奏更为舒缓，音调也较低。两种歌鸲都喜欢浓厚茂密的灌木，当它们藏身于灌木丛深处歌唱时，往往很难被看到。

每年春季和秋季都有少量欧歌鸲飞掠过我们的海岸，它们行踪隐秘，一定有更多的个体潜行于海边的灌木丛里而未被人发现。多数个体行色匆匆，向南飞往非洲东部和南部越冬。

松鸦



秋日里林间的寂静时不时会被欧亚鸲哀怨的歌声打破。过了片刻，一个好似放大了的撕扯亚麻布的粗粝高音彻底打破了宁静的气氛，这叫声来自松鸦，它是英国色彩最斑斓，也是最羞涩的鸟类之一。无怪乎它在威尔士被叫作“森林的尖叫者”，而在萨默塞特则被称为“魔鬼的哭喊”。

在通常全身乌黑的鸦科鸟类当中，松鸦可称得上是羽色艳丽了；鸦科种族那昂首阔步、派头十足，同时又富于智慧的特质，它们也一点儿不缺。但到了繁殖季，就体型这么大的鸟而言，它们的行为却能够相当隐秘。它们藏在树林深处，通常会在树干分叉的地方用树枝搭建看起来不太整洁的巢。

你一般会在松鸦飞走的时候发现它们，那亮白色的腰部像是幽暗森林里的一盏明灯。它们的羽色相当醒目：全身是略带粉红的棕色，喉部为黑色，头顶有深色纵纹；两翼黑白分明，还带有鲜艳的蓝色斑块。这些蓝色的羽毛镶有乌黑发亮的边缘，是钓鱼者钟爱的材料，可用来制作钓鳟鱼的飞蝇假饵。

松鸦和橡树有着不同寻常的共生关系。9月和10月里，松鸦变得更为活跃了，你常常能见到它们穿梭于森林和开阔地之间，喙和喉里都塞满了橡子。在这秋季的盛宴中，它们消耗不了这么多的食物，于是会把多余的部分埋在地下储藏起来，作为冬季口粮。有一项研究估计，一只松鸦每天可以储藏5 000粒橡子。

但即便是松鸦这样聪明的鸟类也没法记住每一粒橡子的埋藏地点，于是许多橡子都能生根发芽，长为幼苗，松鸦也因此成了全国范围内的植树专家。而且它们会把橡子埋藏在比原来的橡树更高一些的地方，实际上也帮助橡树林逐渐向山坡上发展。

在秋季，来自欧洲大陆的松鸦有时会大规模入侵，使得英国境内

的种群数量大增。若大陆上橡子的产量减少，就会有成千上万的松鸦—有时以每群数百只的规模—飞越北海，来到英国度过余下的秋日和冬天。这时它们凄厉的尖叫会将秋冬季节的寒气渲染得更为阴郁。

蓝喉歌鸲

我们喜欢把长着橘红色前胸的欧亚鸲看作是英国最漂亮的小型鸣禽之一。但论及颜值，它却不如自己的一个近亲，我们海岸地区的一位稀客—鸟如其名的蓝喉歌鸲。

第一次见到雄性蓝喉歌鸲的感觉可以说无与伦比。从背后看，它活像是一只欧亚鸲，身体圆实，背部为棕灰色，尾部也总是翘起。然后，它转身面朝着你了，胸前光彩夺目的蓝宝石色围兜就凸显于你眼前，其正中还有红色或白色的斑点。你若是极为幸运地看到一只正在鸣叫的雄鸟，它唱出的一连串嗡嗡、咯咯声，以及清脆的铃声，会让你联想起一只牙牙学语的新疆歌鸲。

雄性蓝喉歌鸲偶尔会在英国的某处建立领域，并且鸣唱数天或者数周。1968年，有一对鸟甚至在苏格兰尝试了繁殖，但它们的卵没能孵化成功。之后，20世纪80年代和90年代的几次繁殖尝试进展顺利，并且胸前带有红点的雄鸟和带有白点的雄鸟都参与其中。考虑到其主要繁殖地距离英国如此之近，不久的将来，这种美丽的鸟儿要是成为英国稳定的繁殖鸟类，也毫不奇怪。

蓝喉歌鸲是夏季经过英国的旅鸟，它们的越冬地在非洲，其广袤的繁殖区域从法国大西洋沿岸一直向东、向北延伸，覆盖整个欧洲大陆，进入亚洲，最后直达白令海峡。

春秋两季，在蓝喉歌鸲往返于繁殖地的旅途中，我们在英国的某些角落能见到它们的身影。春天，华丽的雄鸟很容易识别；但到了秋季，幼鸟和一些雌鸟的羽饰中完全没有蓝色，容易发生混淆。你需要凭借乳白色的眼圈和尾基部两侧的锈红色来认出它们。

水栖苇莺

有些鸟类在迁徙时很容易见到，比如家燕会在迁徙途中集群，七嘴八舌，嘈杂地觅食。但是有些鸟类却好像红花侠一样，极为低调和神秘，难得一见。水栖苇莺作为欧洲唯一的全球性受胁鸣禽就属于后者，每年秋季会有少量个体经过英格兰南部。

水栖苇莺的生活习性与其名字相吻合，它们在东欧的漫水莎草地中繁殖。这一小片区域西起德国东北部，穿过立陶宛和白俄罗斯，东达乌克兰。这种身上纵纹密布的棕色苇莺的全球种群数量很少，仅有约11 000只成年雄鸟，其生存状态容易受到栖息地被抽水排干、用于集约化农业等活动的威胁。20世纪内，它们的数量下降了95%，这一趋势仍在持续。

大多数源自东欧的候鸟在秋季迁徙时都直接南下，并不会途经英国。但水栖苇莺是个明显的例外：繁殖期结束后，它们首先向西飞行，这样的线路最终会使一些个体沿着英国南部海岸移动，之后再向南经过伊比利亚，进入非洲的越冬地。

英国几乎所有被记录到的水栖苇莺都是由环志工作者发现的，他们用雾网捕捉环志个体时会偶遇这种习性隐秘的鸣禽。但每年还是会有几只水栖苇莺出现在像康沃尔郡的马拉宰恩沼泽这样的著名观鸟

点。

成年水栖苇莺与它们更为常见的近亲水蒲苇莺非常相似，后背带有米黄色和黑色的纵纹，腹部为浅白色。还好每年经过英国的水栖苇莺大多是幼鸟，它们的羽色比父母更鲜明，也更容易被观察到，这一点与其他鸟类正好相反。请留意有着如复古条纹硬糖般图案的活泼小鸟，它们的背上有着棕黑色和米黄色相间的纵纹，两条轨道似的深色条纹贯穿背部，头顶则有一道清晰的乳白色顶冠纹。

直到不久前，水栖苇莺越冬的确切位置仍是个谜，但多亏了国际鸟盟和英国皇家鸟类保护协会的出色工作，现在谜底终于揭开了。世界各地雨水中所含的化学成分比例不同，并且能通过食物进入鸟类的组织。科学家们利用新近抵达欧洲繁殖地的水栖苇莺的羽毛进行分析，并拿样本与西非的同位素地图进行比对。最终他们锁定了位于塞内加尔西北部的一个重要越冬地，约有5 000只至10 000只个体在那里越冬，该地点显然成了今后保护水栖苇莺的关键所在。

歌篱莺

如果你选择在法国南部或西班牙过暑假，那么你会有很多机会聆听歌篱莺名副其实的鸣唱。它的歌声悦耳而富于变化，时而急促，时而舒缓，那令人喘不过气来的音调似乎是在不断努力追赶自己。

其旋律感偶尔会变弱，出现喋喋不休的鼻音，像是在模仿家麻雀。

歌篱莺是行事低调的歌唱家，它们只会偶尔站在暴露的栖枝上，给人仔细观察的机会。它们是中等体型的莺类，略微小于黑顶林莺，有着苔绿色的背、淡黄色的腹部，还有着篱莺属特征鲜明的厚重鸟喙。篱莺属被观鸟者昵称为“河马”，这是因为该属名的头五个字母与河马英文名的简称相同。而绿篱莺学名里的种本名*polyglotta*则来自希腊语，意为“有很多声音的”。

歌篱莺是西欧的夏候鸟，繁殖于橄榄园、庭园和大型的公园，分布范围起于比利时，经过法国、意大利、瑞士和西班牙，直到非洲西北角。它们的越冬地在非洲西部，即从塞内加尔向南，一直到喀麦隆。

你或许会奇怪，为什么一本介绍英国鸟类的书中会出现一种南欧的鸟类？但作为候鸟，歌篱莺对人为划定的国境线嗤之以鼻，因此每年平均有30只歌篱莺出现在我们的滨海区域，时间通常是夏末或秋季，地点往往在英国的西南部，而这一点根据它们的繁殖区域不难预料。

如果你运气足够好，遇上一只你认为是歌篱莺的鸟儿，你需要非常仔细地辨认，以将它与其姐妹种绿篱莺区分开来。最好的方法是观

察它两翼上最长的飞羽—歌篱莺的飞羽明显短于绿篱莺，因为前者的迁徙距离相对较短。

为什么歌篱莺的繁殖地离我们如此近，却又恰好避开了不列颠群岛，至今仍是一个谜。2013年7月，有一只歌篱莺雄鸟确实在诺丁汉郡建立了领域并连续鸣唱了数天，但很遗憾，它没能吸引到雌鸟。尽管如此，随着这种鸟类的分布渐渐向北、向东拓展，也许十年或二十年后，歌篱莺就会在英国繁殖了。

大苇莺

一只像鸫一样大的苇莺，其鸣声听上去却像是装备了扩音器的蛙鸣，这样的鸟儿既值得观察，又值得聆听。大苇莺鸟如其名，它不仅看起来像一只打了激素的芦苇莺，听起来也像。它体重约33克，体长20厘米，体型比芦苇莺大了1倍，体重更是超过了200%，是欧洲莺类当中不折不扣的大块头。

在9月和10月，也就是候鸟迁徙高峰期，从欧洲大陆来的大苇莺幼鸟有时会一头扎进为研究英国迁徙鸟类而安置的雾网里，每次都会给发现者留下深刻印象。

大苇莺其实每年春天都会经过英国，有时候还会出现在几天里占据领域的行为。雄鸟鸣唱时发出的音量相对于它的体型而言十分惊人，那声波可以穿透重重芦苇，至少在500米外也能听闻。雄鸟凭此建立并守卫领域，同时也可以吸引配偶。

大苇莺鸣唱的节奏感很强，但在旋律上只是吱吱、嘎嘎，以及一些响亮高音的随意组合。这种鸣唱在人类听来并不算悦耳，但是科学家们发现，它对于吸引雌性大苇莺至关重要。雄鸟的鸣唱越是复杂，它繁衍后代的可能性越高。这种相关性非常强大，以至于有时雌鸟会

被更善于歌唱的雄鸟所吸引，离开已有的配偶，去组成新的家庭，在同一个繁殖季内哺育第二窝雏鸟。

大苇莺遍布欧洲大陆、北非和亚洲，西至葡萄牙，东到日本，北至瑞典和挪威，都有它们的分布。但奇怪的是，这些鸟至今仍是英国的稀客。因此，那些在这里建立领域的雄鸟带着微弱的希望扯开嗓子高歌，期待过路的雌鸟能听到并停留，与其配对繁殖。到目前为止，它们还没有成功过，但谁又能预言将来呢？

平原鹨

很少有鸟名曾经出现在英国电影的片名当中，平原鹨却正是其中之一。尽管它只是英国滨海区域的罕见访客，但它却在一部早被遗忘的二战电影中亮相；在整个国家面临潜在的亡国危险之时，这部电影强调了自然世界对于英国的重要性。

这部题为《平原鹨》的电影上映于1944年，片中以鸟儿隐喻英国乡村生活的本质—这种生活其时正受到纳粹的威胁。故事围绕一对非常罕见的平原鹨展开，它们决定在宁静的科茨沃尔德村庄边缘的田野里繁殖。一位正在疗养的战斗机飞行员和他的护士发现了这个鸟巢，并立刻意识到，这窝鸟儿正受到附近军事演习和因战争需要开辟耕地种植食物计划的威胁。

带着典型的英国战时精神，村民们站了出来，人们帮助鸟儿消除了包括一个卑鄙的偷蛋贼在内的一系列威胁。结局皆大欢喜，清晰地表达出没有任何事物能够改变英国的传统乡村生活，这也是鼓舞人心的典型战时宣传格调。

讽刺的是，在1945年二战胜利后接下来的几年中，英国大量的低地景观都被施用化学药物的农耕方式所毁坏，这对农田生境中的鸟类造成了任何人在战前都无法想象的毁灭性打击。

在现实中，平原鹨只是偶尔从欧洲大陆飞到英国的访客。它们在大陆上从沙丘到山腰的沙质和多石区域繁殖，体型大且修长，看起来更像是鹡鸰而非鹨。

正如其英文名字（tawny pipit）所示，平原鹨的羽色为暗淡的米棕色，带有一些细微的纵纹，与我们熟悉的草地鹨大不相同。让当年的英国首席鸟类摄影师埃里克·霍斯金懊恼的是，他不得不用草地鹨来替代平原鹨，因为战时他不可能冒险越过英吉利海峡，前往德占区拍

摄真实的平原鹨。

欧洲丝雀

从巴黎的林荫大道到马略卡岛的橄榄树林，从罗马的斗兽场到古希腊的神庙废墟，无论你身处欧洲大陆的什么地方，你都有机会听到一只欧洲丝雀的鸣唱。

城市中的这种鸟鸣提醒着你，你已经越过了英吉利海峡，而且由于欧洲丝雀依然只是偶尔出现在英国，这种小巧的、像金丝雀的雀类不断撩拨着这里的观鸟者和鸟类学家。它们在海峡两端来来往往，似乎就要成为英国的稳定繁殖鸟类了，却从未真正兑现过。

欧洲丝雀体长12厘米，体重仅13克，可以跟黄雀和小朱顶雀并称欧洲最小的雀类。它看上去就像是一只迷你版的金丝雀，脸颊带有灰色和黄色，胸部为纯黄色，背部有纵纹，喙又短又粗。它在飞行中显露出亮黄色的腰部，这是一个有用的野外辨识特征。

它的鸣唱非常特别，那叮叮咚咚的旋律介于金翅雀和戴菊之间，又像是音调更高版本的黍鹀。这声音通常由边飞边唱，蜿蜒掠过郊区花园上空的欧洲丝雀发出。

欧洲丝雀是英国罕见但稳定的访客，而且如你所料，大多数的记录都来自英国南部。1967年，在著名的“爱之夏”发生的时节，一对欧洲丝雀在多塞特郡的一座花园里筑巢繁殖。接下来的十年或二十年内，在德文郡、汉普郡和萨塞克斯郡附近有过欧洲丝雀繁殖或尝试繁殖的记录。

这种欧洲大陆雀类成为英国稳定繁殖鸟类的希望仍然很大，尤其是在我们的气候正在逐渐变得暖和的情况下。然而由于一些还不清楚的原因，它们仍不适应英伦岛屿上的某些东西。不过它们的确喜爱大型公园和庭园，并且常见于英吉利海峡对岸且分布广泛。所以，让耳朵时刻准备聆听它们那如爵士乐般跳动的旋律吧，这将有可能为你赢得鸟类学领域的声誉。

10月

白眉歌鸫

红腿石鸡

欧绒鸭

圃鹀

粉脚雁

文须雀

雉鸡

燕雀

灰斑鸻

姬鹬

原鸽

短耳鸮

小嘴乌鸦

戴菊

凤头山雀

黄眉柳莺

灰鹱

白腰叉尾海燕

牛背鹭

角百灵

火冠戴菊

刺歌雀

哀鸽

扫码欣赏图片和鸟鸣

引子

对任何观鸟者而言，10月里总有一日或一夜标志着夏季和秋季的转换。在那个时刻，你能听到头顶传来尖锐的呼啸声，抬头便见到一群飞翔的鸫。这是从冰岛或斯堪的纳维亚迁来的白眉歌鸫，每年秋季平均有100万只以上途经英国，就像镂空的南瓜一样守时。夜里走到室外，你能听见它们颇有穿透力的叫声，这是黑暗中看不见彼此的群体间保持联系的方式。

10月中旬往往会出现白眉歌鸫迁徙的高峰，规模可达数千只的鸟群掠过上空，标志着秋季迁徙的鼎盛期已到。伴随白眉歌鸫出现的可能还有田鸫，它们体型更大，腿和尾也更长，会被我们这里的浆果、蠕虫以及更温和的冬季气候吸引过来。

由于仅有少量的个体在英国境内繁殖，这些前来越冬的鸫类颇引人注目。但还有些我们更为熟悉的候鸟会在每年的这个时候出现。在庭园内，你可能会注意到喙为黑色，全身也较暗淡的欧乌鸫，它们常会让园内原住的欧乌鸫紧张不已。有些这样的欧乌鸫是来自欧洲大陆的幼鸟，也是从大陆涌来的歌鸲、苍头燕雀和欧歌鸫大军中的一分子。

最令人惊讶的来客是戴菊，它们看起来弱不禁风，似乎没法跨越北海的开阔水域，但在10月的英国境内却几乎随处可见。适应了它们细微但穿透力十足的鸣叫之后，你会在林地、海滨沙丘或城市公园内找到这些访客，它们在那些地方跟我们的留鸟混在一起。循着每一声高频的“screep”，你也许就能找到一只火冠戴菊，它眼周有着黑白相间的条纹，颈部两侧为金黄色，在它喜欢待着的冬青树和常春藤的幽暗叶子之间就像珠宝般闪耀。

两种戴菊是英国最小的鸟类。处于另一个极端的则是我们最重的一些飞禽—不列颠群岛为许多雁鸭类提供了关键的冬季庇护所。巨大的大天鹅结成家庭群，从冰岛和斯堪的纳维亚飞到位于苏格兰、爱尔兰和英格兰北部的传统越冬地。作为它们体型稍小的亲戚，小天鹅则是从更为遥远的西伯利亚苔原来到这里的。在英格兰东部的低地沼泽和牧场里，小天鹅用结实且黄黑相间的喙一口一口吃着谷物及蔬菜根茎，它们发出的响亮号声让周遭变得喧闹而活跃。来自俄罗斯、斯瓦尔巴群岛和加拿大东部的黑雁，以及从格陵兰岛和斯瓦尔巴群岛飞来的白颊黑雁，也正大量抵达。

已经换上整洁冬羽的野鸭们也在此时大批前来。从斯堪的纳维亚或俄罗斯飞来的仪态端庄的赤颈鸭、针尾鸭和绿翅鸭在沼泽与河口中游水，或是在岸上吃草，身边出没着如塍鹬、灰斑鸻和红腹滨鹬这样的鸻鹬类。这些水鸟的上空飞舞着最后一批稀稀拉拉南迁的白腹毛脚燕与家燕，这也是当下与夏日的最后一点联系了。

10月还有其他许多动人之处。不列颠群岛地处广袤的欧亚大陆边缘，又紧邻大西洋，其优越的位置对来自世界各地的迷路或偏航的候鸟而言，有着磁石般的吸引力。东北风引来源自北面和东面的异域鸟种之时，已是强弩之末的美洲飓风则将它们裹挟的小型鸣禽甩过大西洋。

难怪狂热的推鸟者，也就是痴迷于找寻稀有鸟种的人，会把自己10月的日程安排都空出来。此时他们随着候鸟而行，聚集在不列颠的极远之地：爱尔兰西南角的克利尔岛、锡利群岛、外赫布里底群岛和设得兰群岛。他们在这些地方就像《爱丽丝梦游仙境》里的白皇后，能在早餐前相信多达六桩不可能的事情。罕见的鸟儿可遇而不可求。没人敢相信一只红喉歌鸲会跟英国第二次记录到的、来自北美的栗颊林莺在同一周内出现在相同的群岛上。然而，2013年的10月，这样的事真的发生在了设得兰群岛。

意想不到的新出现的鸟儿，也带来了如何确立有关它们记录有效性的问题。评估一只鸟是否为自然出现的迷鸟，有着各种各样奇怪的规则。一只鸟是否通过搭过往船只的便车而来？若确系如此，那船员或乘客是否喂过它？更糟的是，它是不是从托运的笼子里逃出来的呢？每年秋季都会谣传四起，猜测纷纷，那些没看到罕见鸟的人尤其想找机会证明自己没错过什么。

有些对于英国而言极为罕见的鸟儿在其分布区内可能是常见种类，但是到了这里就会受到隆重欢迎。尽管在老家常见到被人视作“垃圾鸟”的地步，但当一只来自北美的哀鸽现身于此的时候，它却

会由于出现在了不该出现的地方而获得很大魅力。但无论稀有迷鸟受到了多么热烈的追捧，资深的推鸟者举起自己的望远镜观察时也清楚，此举同样是对在海上旅途中不幸丧生的无数鸟儿的纪念。

10月里某些罕见鸟儿的到来令人惊讶，它们也许正在形成新的迁徙路线。更妙的是，它们有机会回到原有的繁殖地去。黄眉柳莺是一种黄绿色的候鸟，看起来弱不禁风，可每年秋天会有数百只黄眉柳莺从西伯利亚的繁殖地跨越数千英里来到英国，而它们此刻的越冬地其实应在东南亚。科学家们现在认为，这些个体属于一个独立的种群，它们在返回西伯利亚森林繁殖前，于南欧或西非的某地越冬。不管它们是由于什么原因而来，没人能否认，在一群山雀和莺类当中找出这样一个小精灵时，真正的自豪感会油然而生。

白眉歌鸫

白眉歌鸫在夜晚飞过我们头顶时发出又软又细的“seep”声，这叫声如同飘落的黄叶、湿润的人行道和篝火堆升起的袅袅青烟，成了秋日的一部分。有时它们掠过夜空的队形肉眼难见，但即便到处燃放着烟火，空气里充满火药的气味，你仍能听见这种叫声。

从冰岛和斯堪的纳维亚跨海飞来的白眉歌鸫自东面与北面涌入英国，总数超过100万只，它们到这里来寻找一个越冬场所。我们的冬季气候比白眉歌鸫阴沉而寒冷的繁殖地更为温和，它们在这里也更容易找到浆果、无脊椎动物，尤其是像蠕虫这样的食物。

白眉歌鸫比我们所熟悉的欧歌鸫体型更小，也更轻，是英国最小的鸫科鸟类，其英文名（redwing）源自两胁的锈红色斑块。你还能根据它们深棕色的上体和眼睛上方醒目的乳白色眉纹来把它们与其他鸫类区分开。虽有为数不多的几对在苏格兰北部繁殖，白眉歌鸫基本还是秋冬季节出现在不列颠群岛的候鸟，也是每年这个时候我们能观察到的最为常见，分布也最广的来客之一。

和其他许多鸣禽一样，白眉歌鸫在夜间迁徙，我们头顶上空传来的鸣叫是它们彼此间用来保持联系的方式。清晨来临时，这些新到的访客会群集在果园或山楂树的树篱上，跟许多同样渡海而来的田鸫及欧乌鸫混在一起。

如果天气变冷，尤其是当大雪覆盖了它们寻觅蠕虫的田地时，白眉歌鸫会冒险进入公园和庭园，食用浆果和掉落的苹果。若坏天气持续，它们很快就会起程，继续向南和向西寻找更温暖的环境。它们就像游牧民族，头一年在英国越冬的鸟儿，也许第二年冬天就在东欧生活了。

红腿石鸡

尽管红腿石鸡喷气及喘息的声音像是蒸汽火车，身形矮胖，两腿短小，但它仍是一种非常漂亮的鸟类。很多低地农场里都有它的身影，在英国东部和南部尤其普遍。

自17世纪以来，原本生活在欧洲大陆的红腿石鸡被作为一种猎禽成功地引入英国，它们有时也被叫作“法国石鸡”，好跟本地的“英国石鸡”——灰山鹑相区别。从那以后，红腿石鸡就在我们的乡村兴盛起来，数量逐渐增多，每年还有600万只左右的鸟儿被放到野外，供人狩猎。

它们大多在秋季被放到野外，这就是一年中的这个时节，你在英国较为干燥的环境里能见到小群红腿石鸡的原因。从远处看，它们匍匐在耕地里，就像是干结的土块；但靠近观察，红腿石鸡身上带有花纹的漂亮羽饰便一览无余。

它们的两胁带有如老虎般的新月形条纹，浅灰色、栗色和黑色相间；脸颊多为白色，但有一道像眼罩似的黑色过眼纹。它们的眼圈、喙和双腿都是暗红色的。若你靠得太近，红腿石鸡会飞快地跑开或飞走，同时发出像焦躁不安的小鸡般响亮的咯咯声。

红腿石鸡的鸣唱—如果能算作鸣唱的话—是一种有节奏的嚓嚓声，很像远处蒸汽引擎发出的声音。春天，你能在几英里之外听见站在树桩或篱笆桩上的雄鸟的鸣唱。雌鸟通常每年产2窝卵，每窝有12枚卵，甚至更多。它自己会孵化其中一窝，另一窝则由雄鸟来照料。

雏鸟在出壳后不久就离巢了，它们跟在父母身后四处游荡，像一队还不太守纪律的小学生。仅十天之后，幼鸟就会飞了，它们也就可以更好地躲避危险了。

欧绒鸭

当你坐在英国北部任意一个海港的防浪堤上时，你可能会惊讶地听到一种声音，它好似童话剧中的女性角色发出的惊慌且令人反感的哭喊，特别像是在模仿已故喜剧演员弗朗基·豪尔德。

朝下方的海里望去，你会发现这独特的声音来自雄性欧绒鸭——一种黑白分明的大型野鸭。它们是属于北方海域的野鸭，广泛分布于北半球的大西洋、北冰洋和太平洋。

欧绒鸭最为出名的是其胸部柔软蓬松的绒毛，它们会将这种绒毛衬垫在自己的巢里，这也是“鸭绒”的最早来源。如今我们使用由家鸭绒填充的羽绒被，绒鸭的鸭绒已经成了明日黄花，大多数人也不会将家居用品跟这种野鸭联系起来。纯正欧绒鸭鸭绒的价格已高达每千克500英镑，这样的产品现在成了富豪专用品，也就毫不奇怪了。

在冰岛仍有收获欧绒鸭鸭绒的活动，按照传统方式，那里的农民要从30个巢里才能收集到1磅鸭绒。他们在欧绒鸭繁殖季开始前就着手收集，留下足够的鸭绒，以防绒鸭卵失温，同时又能刺激雌鸟从胸前拔出更多鸭绒，为孵化中的卵隔热保暖。这个过程会一直持续到雏鸟孵化。离巢后的雏鸟会和其他家庭的宝宝组成一个绒鸭幼儿园，由几只雌鸟共同照看，这样可以更有效地抵御捕食者。

雌绒鸭在巢中孵卵时非常容易接近，它们靠着带有许多横斑的棕色羽饰作为保护色。雄鸟则要引人注目得多，它们身形粗壮，全身黑白相间，脖颈上还带有浅绿色，胸部染有淡淡的粉色。

对于人类来说，欧绒鸭雄鸟的叫声可能太过戏剧化了，也与其壮汉般的外表并不相符，但这声音能给在一旁观察的雌鸟留下好印象。英格兰北部和苏格兰沿海的欧绒鸭繁殖地是英国最有可能听到这种古怪叫声的地方。其中一个主要繁殖地位于诺森伯兰郡外海的霍利岛

（也被叫作林迪斯法恩），17世纪，这里曾经住着一位名叫卡思伯特的修道士。

卡思伯特修道士后来被尊奉为圣徒，他是最早开始保护鸟类的人之一，跟欧绒鸭有着特别亲密的关系。如今在当地，欧绒鸭被称作圣卡思伯特鸭或卡迪鸭，在这海风吹拂、风景如画的海岸上，我们仍能听到它们为圣贤保护者而唱的嘹亮赞歌。

圃鹀

吃一只小型鸣禽的念头对大多数人而言都显得惊世骇俗，但我们欧洲大陆上的一些邻居可没有这样的禁忌。在他们食用的所有小鸟当中，圃鹀这种相对惧生且外形并不出众的鹀最受追捧。

看起来短小精干的圃鹀是我们黄鹀的亲戚，它的身体为锈棕色，头部为橄榄色，髭纹和喉部都是柠檬黄色，眼圈为黄色。圃鹀并不在英国境内繁殖，但在春秋两季往返于欧洲北部繁殖地时会有少量个体途经英国。它的英文名来自普罗旺斯语，其源头是拉丁文单词hortulanus，意为“属于花园的”。

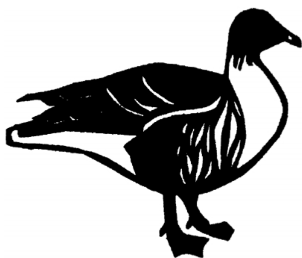
圃鹀是坚韧的小鸟，有些甚至在瑞典北部和芬兰的北极圈以内地区筑巢繁殖，它们的繁殖地也向南经过荷兰、比利时、卢森堡，直至法国和西班牙。圃鹀在非洲越冬，地点位于从塞拉利昂至埃塞俄比亚的带状区域内。

圃鹀在南迁途中经过欧洲时，猎人们正张网以待。按照传统要求，这些不幸的小鸟一旦被抓住，就会被关在暗处并喂以小米。这些鸟喂肥之后会被运到阿马尼亚克地区，在一种古怪而复杂的仪式中被烤熟并整只吃掉。

按照习惯，食客用餐时头上要盖一块布，这样有助于他们仔细品味圃鹀独特的香味。20世纪90年代中期，每年约有5万只圃鹀被捕捉，以满足这种误入歧途的对所谓美食的痴迷，并且加速了这种小鸟数量的衰减。如今圃鹀已经受到了《欧盟鸟类保护指令》的全面保护，禁止捕捉、杀害和贩卖。

尽管如此，吃圃鹀的习俗仍在继续，有些大人物的明知故犯起到了推波助澜的作用。1996年，就在法国前总统弗朗索瓦·密特朗去世前不久，作为他临终盛宴的一部分，他按照传统方式头盖白布吃光了好几只圃鹀，连骨头都不剩。对于头上盖布的行为，也有一种解释称是为了不让上帝看到食客的贪婪。

粉脚雁



当大群粉脚雁涌入英国，在英格兰和苏格兰的传统越冬地里享用土豆与甜菜大餐时，空中便充满了仿佛由几百辆自行车的车轮发出的吱吱声。

看见或听到粉脚雁群从海边泥滩上的夜栖地飞往内陆觅食，是一种令人心潮澎湃的体验。它们排成长列飞过拂晓的天空，那蜿蜒的队形和勾起人回忆的叫声都在宣告秋天已经真正来临了。

成千上万的粉脚雁从冰岛或格陵兰东部跨海飞来，它们将在英格兰的西北部、苏格兰的东部和南部，以及东安格利亚地区的宽阔河口三角洲度过秋季和冬天。让人难以置信的是，全球超过80%的粉脚雁都在英国越冬，只有在分布区最北端的斯瓦尔巴群岛繁殖的粉脚雁才会越过北海，到丹麦、荷兰和比利时越冬。

粉脚雁通常会在开阔而泥泞的田地里以谷物秸秆、没收获的土豆或甜菜为食。在这样的环境中，它们棕灰色的羽饰是很好的保护。该种的数量一直在快速增长，尤其是在甜菜种植量同样处于增长阶段的诺福克郡。以家庭群的形式进行迁徙，使得它们能够充分利用这种农业生产上的变化，双亲可以将关于最佳越冬区域的信息传递给后代。

像许多雁类一样，粉脚雁也非常机警，觅食时总会有一些个体充当哨兵，始终昂着头警戒着周围的潜在威胁。在地面活动时，你可凭借粉脚雁那颜色较深的头部和颈部，以及略带粉色的喙，把它们与其他灰色的雁区别开来。而当它们大量起飞，涌入天空时，由频率更高的叫声汇成的合声是粉脚雁最明显的辨识特点，这叫声也是深秋到冬季最典型的声音之一。

文须雀

在狂风大作的秋日里，当你扫视一片芦苇荡时，一种好像数台微型收银机发出的铃声随风飘散。这种带有金属质感的“ker-ching，ker-ching”声，是由文须雀发出的，它是最适应湿地生活的鸟类之一。

文须雀肯定能赢得“最名不副实的英国鸟类”大奖，因为这种小巧可爱的鸟儿既没有胡子，也不是一种山雀。它的演化起源还是一个谜：它曾被认为是鸦雀，这是一类主要分布于亚洲热带及亚热带地区的鸟类；现在的DNA研究则表明，文须雀与云雀的亲缘关系更近。考虑到它们偏好芦苇生境，“须芦雀”或“芦苇鸡”也许是更为恰当的名称，但是这两个名字从未被广泛采纳。总之，雄性文须雀的短粗鸟喙两边并不是络腮胡，而是连傅满洲大人都要羡慕的招摇长髭。

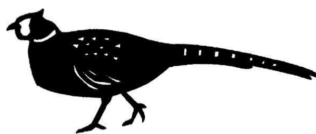
雄性文须雀羽色漂亮：它的全身为暖色调的浅黄褐色，与头部的灰紫色区别明显；喙为黄色，还有两撇俏皮的髭须。雌鸟没有髭须，羽色也更朴素和暗淡，但雌雄均有一条长尾，它们停在芦苇秆上时，它可以帮助它们保持平衡。当文须雀跳跃着飞过芦苇荡，在它们扎进芦苇丛消失不见之前，这条长尾很容易被我们的眼睛捕捉到。

文须雀热爱芦苇丛。它们几乎在芦苇中度过整个一生，夏季在这里捕捉昆虫，冬季则取食芦苇的种子，还用芦苇秆和花序筑成它们的巢。因此，在英国观察文须雀的最佳区域是东安格利亚地区的广袤滨海芦苇湿地，不过它们最近也在包括萨默塞特平原在内的内陆湿地安了家。

文须雀在秋季通常会进行距离不定的扩散，两只文须雀雌鸟在伦敦海德公园蜿蜒水系中的一小片芦苇滩度过了上一个冬天，令首都的观鸟者和好奇的路人都开心不已。

然而，知道文须雀在哪儿是一回事，能在无数摇曳的芦苇中看到它们则是另一回事。有时候，你能在通往开阔水面的水道附近的芦苇秆基部看到一群文须雀。但多数时候，它们的叫声才是最好的指引，循着声音，你才有机会看到这些身材修长又拖着长尾的小鸟在芦苇丛飞进飞出。

雉鸡



雉鸡粗粝的双声短鸣是英国大多数乡间不可或缺的声音，然而，这种外表带着异域风情的鸟类的真正产地，其实远至西南亚高加索山脉。

但拜英国人所赐，雉鸡已经成了遍布世界的生物。作为世界上分布最广泛也最成功的引入种之一，它们已经被引入约50个国家。除南极之外，如今每个大洲上都有雉鸡的身影。

雉鸡如此常见，以至于我们对它们已经视而不见了。然而，雄性雉鸡那带着黄铜色金属光泽的羽毛、红色的脸颊，还有与身体等长的长尾，使它们成为一种非常美丽的鸟儿。人工圈养繁育还使它们产生了一系列的羽色变异，有些个体可能有白色颈圈，有些则没有，有些个体的周身是带有金属光泽的绿色，个别情况下甚至还会出现纯白色的个体。

雉鸡起初由诺曼人带到英国，甚至也许由更早的罗马人带来，它们融入我们乡间的环境已经很久了，如今完全算是一种本地的鸟类了。肉质鲜美显然是雉鸡被引入的原因，而且它们飞行迅疾，可供喜爱狩猎的人炫技。但它们在这里无处不在完全是人为的，每年至少有3 000万只人工圈养繁殖的雉鸡被释放到野外，以维持上百万英镑的狩猎生意。

每年野放如此多的雉鸡，对我们的自然景观也不可避免地造成了巨大影响：在19世纪圈地法案通过后，有组织的狩猎雉鸡活动开始变得流行，大量的树林和灌木丛要么免于被砍伐，要么被有意种植出来，以便为雉鸡提供隐蔽场所。

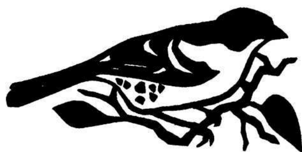
这些举措，再加上冬季给雉鸡投喂谷物，为诸如燕雀、鹀、麻雀之类的小型食种鸟类提供了栖息环境与额外的食物来源。而另一方面，为了保护野放的雉鸡，乌鸦、狐狸、猛禽等多种捕食者都被人为“控制数量”（比如设置陷阱、下毒或射杀）。据说在20世纪早期，

一个猎场管理员甚至曾射杀新疆歌鸲，以免其歌声惊扰到他珍贵的雉鸡雏鸟。

昆虫学家则担心数量如此巨大的雉鸡会影响到昆虫幼虫，尤其是蝴蝶和蛾类毛毛虫的数量。还有证据表明，雉鸡的存在已经降低了蛇蜥和蝰蛇的数量。

从雉鸡藏身躲避天敌的茂密植被中常常会传出雄鸟召集其他家庭成员的粗粝叫声，还往往伴随着一阵响亮而纷乱的振翅声。雉鸡通常会用鸣叫来回应周围的响声或震动，有传言称它们会在地震来袭前发出叫声。二战中，肯特郡的雉鸡甚至会对英吉利海峡另一边传来的枪炮声做出回应。

燕雀



凉意袭人的秋日，你踩着落叶穿行于一片看似了无生趣的山毛榉树林。不一会儿，从树冠层的某处传来一阵响亮的、带着鼻音的鸟鸣，鸟儿们像是在说“bubble-and-squeak”（意为“泡泡和吱吱”），这意味着燕雀已经回来过冬了。

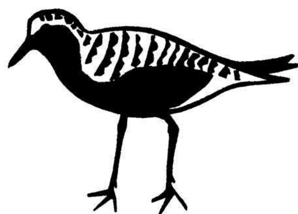
燕雀像是在英国更常见也更为人所熟悉的苍头燕雀的北方胞亲，它们在斯堪的纳维亚和俄罗斯的广袤土地上繁殖，在桦树林与松林中营巢。

每年秋天，燕雀都飞往南方寻找种子食物越冬，它们尤其喜欢山毛榉结出的小型金字塔状的坚果。若某处结实颇丰，那么大群燕雀就会聚在一起进食、休憩。事实上，有史以来最大的一次单一鸟种集群出现在1951年至1952年的冬季，当时瑞士竟记录到了一群数量达7 000万只的燕雀，占该种全球总数量里相当大的一部分。

作为能聚集如此巨量个体的一种鸟类，燕雀尽管偶尔也会出现在花园的饲鸟台上，我们对它们却不太熟悉。试想一只身披秋装的苍头燕雀，它的头部为深色，体羽染有一些浅浅的桃红色，背部和两胁还有斑驳的鳞纹。你如果对辨认还存有任何疑问，那么就等着观察它们飞走时显露出的亮白色腰部，这便是确凿无疑的特征了。

燕雀时常会跟苍头燕雀混群，加以练习的话，当它们从头顶飞过时，你能通过带有更多鼻音的鸣叫将其认出。燕雀几乎只在冬季来访，所以我们并不经常听到它们的鸣唱。尽管也有极少数个体在英国境内繁殖，但都是在苏格兰。到了晴朗的春日，如果足够幸运的话，你也许能够听到燕雀雄鸟那喘息似的歌声，此时它们就要准备离开，飞回北方的森林了。

灰斑鸻



秋日阳光洒在河口泥滩上，闪出粼粼的波光，这时你能听到灰斑鸻的叫声在此回荡，那三音节的哨声萦绕在空中，似乎体现出我们滨海区域的辽阔。但你若看到了这只鸟本身，也许会略有些失望。灰斑鸻貌如其名，至少在秋冬季节，它们就是敦实的灰色鸻鹬类，长着短短的双腿和喙，深色的眼睛倒是显得很大。

尽管灰斑鸻的羽色在非繁殖季十分乏味，但在春夏两季，它们却有着完全不同的装扮。到了繁殖季节，它们看起来更加符合其在北美地区的名称—黑腹鸻，从脸颊一直延伸到尾羽下方的黑色，跟闪着斑驳银色细纹的背和两翼形成鲜明对比。我们在英国很少有幸见到完全换上华丽繁殖羽的灰斑鸻，不过每年5月最晚离开的那些落在大部队后面的鸟儿常常已接近换上繁殖羽了。

观察在滩涂上觅食的灰斑鸻，不大能体验到小型鸻鹬类表现出的那种紧张感。灰斑鸻的觅食方法显得更加深思熟虑，它们采用典型的“跑动，停止，啄食”技巧。许多鸻科鸟类都会采取这种方法，用相对短小的喙从淤泥表层啄取蠕虫和虾蟹；而像杓鹬或蛎鹬这样喙长的鸻鹬类却会把喙深深地插入泥中。

灰斑鸻在河口区域并不集群，彼此间反而会隔开一定距离，甚至会连续两个冬季保卫同一片泥滩。尽管样子很像亲戚欧金鸻，但灰斑鸻飞行时会露出腋下的黑色部分，这个部位的羽毛被称作腋羽，并且它们的叫声与欧金鸻也很不相同。

灰斑鸻在北美和西伯利亚的北极圈内繁殖，它们在苔原上的苔藓和地衣之间产下4枚色彩斑驳的卵。一些非繁殖个体偶尔也会在英国度夏，迁来越冬的灰斑鸻则是从7月开始陆续出现，届时它们幽怨的哨音又会传遍闪亮的泥滩了。

姬鹬

姬鹬是一种在不同季节里性格迥异的鸟类。在冬季，它安静而神秘，以至于没几个英国观鸟者能在这个季节好好观察到一只姬鹬。但到了夏天，它又变得极端外向，雄鸟在潮湿的领域上空做炫耀飞行，还发出不同凡响的鸣唱，这声音就像是远处有一匹骏马在沿路慢跑。

遗憾的是，如果想听到姬鹬雄鸟的这种歌声，那你必须在仲夏时节前往斯堪的纳维亚的沼泽和泥潭，因为它们就在那里潮湿的草丛当中繁殖。

当北方的繁殖地被冰雪所覆盖，姬鹬便向南、向西迁徙，其中有许多会在不列颠群岛过冬。它们喜欢滋生大量蠕虫，同时又有一些低矮的青草或灯芯草丛可供藏身的泥泞环境。这些小型鸻鹬类都是伪装大师，深色的背上带有鲜黄色的条纹，当它们藏在草丛中时，这些条纹正好打乱了身上的图案，除非它们自己突然从你脚旁跳出来，否则不大可能被发现。

躲在一个观鸟掩体里，则会有更好的机会观察到觅食的姬鹬。它们在低矮植被间探寻食物时，常常会做一种上下摆动的奇怪动作，像是头部被装在了铰链上似的。这种怪异的习性有时候会使人注意到姬鹬的存在。

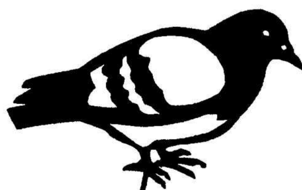
姬鹬对自身的伪装非常自信，有的鸟甚至在被人拾起来的时候还一副无动于衷的样子。

姬鹬英文名（jack snipe）中的jack是形容词“小”的意思，它们也确实比扇尾沙锥小得多。当它们飞行时，你会注意到它们的喙也明显要短得多。因此，过去它们也被叫作“半截嘴沙锥”。

与发出沙哑、刺耳的鸣叫的扇尾沙锥不同，姬鹬飞行时往往会保

持沉默，而且在再次降落并隐藏起来之前并不会飞太远。扇尾沙锥则相反，它们的飞行轨迹呈锯齿状，并且每次飞很远才会落下。

原鸽



在城市里满是污垢的街道上躲闪着行人，或是在苏格兰最北端回荡着涛声的拱形海蚀洞里哺育后代—这便是原鸽的双重生活，这种鸟在两个完全不同的世界各插一脚（或者说一翅）。

这种曾被伍迪·艾伦戏剧化地描述成“长着翅膀的老鼠”的鸟类，对于很多居民来说是都市生活的灾星。这些被人类驯化了的原鸽又被称作“野化家鸽”，包括前伦敦市长肯·利文斯通在内的各路政客，都试图禁止它们出现在城市街道或广场上，可野化家鸽一如既往地跟我们生活在一起。这些具有代表性的城市鸟类被认为会欺负喂食器上的雀形目小鸟，同时还会传播疾病。

但无论你对这种被鸟类学家埃里克·西姆斯称为“市井鸽子”的鸟儿抱有何种看法，你都不得不钦佩它们超乎寻常的适应能力。在过去超过千年的岁月里，同样由原鸽驯化出的无数品种让鸽子爱好者们着迷，它们曾被用于传递至关重要的战争情报，被繁育为饲养在鸽房里供人观赏的各式白鸽，其粪便还曾被用来制作火药。

但是这种魅力十足的鸟类还有不为人知的另一面。真正野生的原鸽是羞涩而深居简出的生物，它们回避与人类的一切接触，仍然生活在苏格兰西北部的岩洞和海边崖壁之间的原生栖息地。在那里，它们在泼溅的浪花之间飞翔，身上整洁的灰色羽毛、两翼上的两道黑斑以及白色的腰部都一览无余。

对有些观鸟者而言，原鸽是个悖论，他们一方面对市井鸽子嗤之以鼻，另一方面又对其野生的先祖趋之若鹜。但要区分野生的原鸽和野化家鸽真的很难，后者现在已经扩散，进入了原鸽的栖息地，并和野生个体发生了杂交。原鸽的野外种群还能在英国生存多久，这个问题有待商榷；它们的时日似乎已经不多了。但我们怎会知道它们最终何时消失呢？

短耳鸮

光天化日下见到一只猫头鹰飞来飞去的意外感，只有短耳鸮的优雅和敏捷可与之相配。这是英国最特别的猛禽之一，雄鸟的鸣叫会提醒你注意它那戏剧化的炫耀飞行。

正在捕猎的短耳鸮的羽色看起来出人意料地浅淡，两翼极长，当它在草地或者荒原上空盘旋时，它就像是一只同样喜欢在这种开阔、荒凉的环境里捕食的白尾鹞雌鸟。但如果看得足够真切，你会注意到它的圆形面盘上有一双炯炯有神的黄色眼睛，长长的初级飞羽基部还有明显的浅色区域，这一特征即便在光线不好的情况下依然突出。不过你没法在它飞行时看到它头顶的那对“短耳”，它们其实是两小簇突出的羽毛，并非真正的耳朵。

短耳鸮过着游荡的生活，它们漫游于广阔的乡野，偏好在荒地或高草地中繁衍后代。它们喜好的猎物是小型哺乳动物，尤其是田鼠和小鼠类。但由于猎物数量，特别是田鼠的数量在有的年份会比其他年份更多，所以短耳鸮的数量也会因食物的多寡而产生相应的波动。

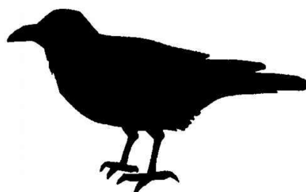
对田鼠的依赖迫使短耳鸮为追逐食物而迁徙，每年秋天，许多个体会从斯堪的纳维亚飞越北海，到英国过冬。它们通常随着迁徙的丘鹬一起到达，因此也曾被叫作“丘鹬猫头鹰”。

秋日里，一只短耳鸮从北海飞入陆地，有时候还会被周围的海鸥骚扰，这场景对我们来说颇有点儿超现实的感觉，但对它而言，这只是急着要找寻食物的正常表现。有些年份迁来的短耳鸮在数量上远高于其他年份，它们也会大量涌入往常短耳鸮不太常见的地区，比如英格兰西南部。

有些越冬的短耳鸮会留在英国繁衍后代，从而扩大我们这里不算

多的留居种群的规模，它们主要分布在英格兰北部和苏格兰。雌鸟通常选择在密实的石南丛或栽种针叶树苗的林场里营巢。雄鸟拍打着长长的两翼向配偶展示炫耀飞行，同时发出鸣叫宣示领域，但如果你靠得太近，它们很快就会发出吠叫表达不满。

小嘴乌鸦



塞缪尔·约翰逊在他编写的《英语词典》中把小嘴乌鸦定义成“一种吃动物尸体的黑色大鸟”。这种鸟令人毛骨悚然的名声，加上那乌黑的外表与粗粝、急迫的叫声，能让头脑最冷静的人也战栗不已。

乌鸦总是预示着凶兆。粗壮有力的喙、闪着寒光的眼睛，还有丧服般的羽色，都暗示着死亡和毁灭，所以，英语把murder（意为“凶手”）作为指代一群乌鸦的集合名词，也就不足为怪了。谁又能忘记希区柯克的惊悚电影《群鸟》中那铺天盖地的乌鸦呢？（尽管在达夫妮·杜穆里埃的原著中袭击人类的并不是乌鸦，而是海鸥。）

在英国，小嘴乌鸦是非常成功的鸟类，在城镇和乡村里都极为常见。尽管它们被猎场看守称作鸟巢强盗，但它们也是重要的拾荒者—我们的垃圾堆上除了无处不在的海鸥，还会有黑压压的乌鸦群。它们还是一种令人不得不佩服其智慧与适应能力的鸟类。

《伊索寓言》里讲过一只乌鸦的故事，这只鸟把石头丢进水罐，抬高水位，直到自己能喝到水为止。人们还发现小嘴乌鸦能够在石头上把海贝砸碎，甚至还能在飞行中突然从河面叼起鱼来。它们永远会让人感到惊奇。有关乌鸦最奇特的发现之一是有的个体会倒挂在电话线上，它们这样做，也许只是为了好玩而已。小嘴乌鸦实在是一种不可思议的生物。

在苏格兰北部、爱尔兰以及马恩岛，小嘴乌鸦被它们的近亲—冠小嘴乌鸦所取代，这种乌鸦的头部、两翼和尾是灰色而非黑色。然而，在苏格兰低海拔地区、英格兰和威尔士，想要区分小嘴乌鸦与同属鸦科的渡鸦、寒鸦以及秃鼻乌鸦，并不太容易。和那些鸦科鸟类比起来，小嘴乌鸦是特征最少的一种，它没有寒鸦那样的灰色肩部，也没有秃鼻乌鸦灰白色的喙基部，更没有渡鸦那样大如𫛭的块头。不过，你总是能通过急促而不祥的叫声识别出它们。

戴菊

戴菊真是撩人的鸟儿，它们有时只是层层针叶林中的一声低语，但有时又会跳到你面前，你甚至不用望远镜就能观察。它们高频的叫声混着有节奏的、忽远忽近的鸣唱，让这些细小的家伙很难被找到，它们的尺寸更是完全帮不上忙。戴菊差点就是英国最小的鸟类了，其身长只有9厘米，体重不过5克，差不多就是一张A4纸或一枚20便士硬币的重量。

这些小毛球是躁动不安的小个子，它们不停地在树枝和树叶间移动，寻觅虫子。若两只戴菊相遇，你也许能看到它们竖起头顶火红的冠羽，以示炫耀或威胁—这对一只基本为橄榄绿色的鸟来说的确是一抹意想不到的亮色。雄鸟的顶冠为橘色，雌鸟的则是黄色。

戴菊用蜘蛛丝、苔藓和羽毛在针叶树上筑巢，从大面积的林场到郊区花园里的独木，都会有它们看似脆弱的巢。它们通常会把巢编织在树枝的最末端，以最大限度地保障卵和雏鸟的安全。

整个春夏两季，戴菊雄鸟都发出频率极高的鸣唱，那声音高到许多岁数较大的人根本就听不见。但到了10月和11月，在花园、树林，甚至海边的山丘上，它们尖锐的叫声就几乎随处都能听到了。每一年的这个时段，大群的戴菊从欧洲大陆，尤其是斯堪的纳维亚涌入英国。

人们曾经认为，体型这么小的鸟不可能完成越过北海的旅程。由于它们到达英国的时间与丘鹬相同，有人曾相信它们是坐在丘鹬的背上迁徙，因此小小的戴菊也就有了“丘鹬飞行员”的雅号。

凤头山雀

到苏格兰北部古老的喀里多尼亚针叶林旅行，很有可能听到凤头山雀轻柔的咕咕颤音。

凤头山雀尽管广泛分布于阔叶林和针叶林中，在欧洲大陆相当常见，但在英国却只见于苏格兰高地中部，在那里，它们也只生活在有着厚厚的地表灌丛植被的成熟针叶林里，这些森林中有大量的死树可供它们营巢。

斯佩塞德的凤头山雀种群名气最大。位于当地加腾湖畔的森林因春夏两季有鹗在此筑巢而闻名，也是一个繁盛的凤头山雀种群的家园。

观察凤头山雀令人愉悦，它们像杂技演员般在覆盖着地衣的松枝间跳跃，在一丛丛的松针之间寻觅昆虫。该种最明显的野外特征就写在名字里面，而且它们作为英国唯一有着冠羽的小型鸣禽，辨认起来毫无困难。你如果还存有任何疑问的话，可以查看勾勒出霜灰色脸颊轮廓的黑色纹路。

凤头山雀通常在中空的树桩里筑巢繁殖，不过也有一对凤头山雀被记录到在红松鼠的一个旧巢穴里做窝。4月底到5月初的时候，凤头山雀雌鸟已产下5到6枚卵。到了6月初，幼鸟就能跟着父母在松枝间活动了。

凤头山雀通常并不会长距离移动，这也许能解释它们为什么没出现在苏格兰其他适宜的针叶林环境当中。英国南部很少能见到凤头山雀，仅有的几次记录看到的可能都是来自法国或荷兰、比利时等低地国家的迷鸟，这些地方的凤头山雀比生活在欧洲大陆北方的种群流动

性更大。

黄眉柳莺

10月的海滩上，一棵欧亚槭或黄花柳的叶子卷曲起来，并在大风中摆动，一阵响亮而急促的“soo-ee”声在其间响起，保证能让观鸟者心跳加速。这很可能是一只煤山雀，甚至也像是一只奇怪的叽喳柳莺，但在这鸣叫声中似乎还有一些不熟悉的奇特旋律。

尽管在东北风吹拂下摇摆不定的树叶里很难找到那只鸣叫的小鸟，最终它还是露出了真容。这是个精巧而优雅的小家伙，只比戴菊略大，身体是苔藓般的黄绿色，眼睛上方有一道橙黄色的眉纹，翅膀上还有两道浅黄的翅斑。这就是一只黄眉柳莺，它在英国曾是很罕见的迷鸟，但如今在秋日里已不难见到它的身影和听到它的鸣叫。

值得注意的是，这种繁殖于西伯利亚、到东南亚过冬的小鸟，为什么会在英国年复一年、越来越多地被听到和看到呢？每年秋季，在设得兰群岛和锡利群岛之间的滨海地区会出现几百只甚至更多的黄眉柳莺，不过它们在内陆出现的概率要低很多。2013年秋季则是一个例外，有几天里，黄眉柳莺成了整个东海岸最为常见的候鸟。

为什么能在英国见到这么多黄眉柳莺，仍是一个谜。按照标准理论的解释，它们都是迷鸟，是完全弄错了迁徙方向而从西伯利亚的繁殖地来到这里，该现象被称作“反向迁徙”。这些鸟没有按照正常的路线向东南方迁徙，而是经过斯堪的纳维亚，再顺风跨过北海，最终到达英国，但之后它们再也回不去了。

然而，现在很多科学家认为，这些鸟不是大风带来的迷鸟，而是真正的候鸟：它们作为一支小小的先头部队，利用新的迁徙路线进行扩散，借此发现新的越冬地。

如果有足够多的个体在这样的旅途中存活下来，并能成功返回西伯利亚繁殖，它们就能在西欧建立起一个稳定的越冬种群。事实上，

在伊比利亚半岛很有可能已经有了这样的种群。并不是所有的鸟类学家都同意这个观点，然而，伴随着仍在继续的争论，黄眉柳莺每年秋季还是会来到我们的滨海区域。

灰鹱

一个狂风大作的秋日里，东海岸的一处海岬正被劲风吹拂。海面上，鲣鸟正在成群飞过，仿佛点缀在金属灰色表面的耀眼白斑。这时，一对颜色更深、体型更小的鸟儿低低地贴着海面，从鲣鸟群后方赶了上来。它们看起来周身都是灰黑色的，直到扭转身体才露出翼下的覆羽上那道耀眼的银白色，现在可以确定它们就是灰鹱了。

灰鹱是伟大的环球旅行家之一，在全世界的各大洋几乎都能见到它们的身影。然而它们离不列颠群岛最近的繁殖地也是在南大西洋当中，比如南美西海岸外的福克兰群岛这样的地方。在英国有规律地出现的鸟类里面，灰鹱迁徙的距离最远。

灰鹱还是世界上最常见的海鸟之一，包括智利和新西兰近海的大型繁殖集群在内，全球种群数量估计有2 000万只。即便如此，由于捕捞过度引起的数量衰减和全球气候变化带来的潜在威胁，它们还是被全球性鸟类保护组织国际鸟盟归入了“近危”鸟种。灰鹱的幼鸟又被称作“羊肉鸟”，在某些繁殖地，它们仍然被作为食物、油脂和羽毛的来源而遭捕杀，每年可达25万只。

灰鹱在地洞中营巢，繁殖结束后会向北飞行上万英里，到达位于北太平洋和北大西洋的觅食地。在所有具有迁徙习性的动物里面，它们所走的路程是最长的之一。人们曾给在新西兰繁殖的灰鹱带上电子信标，发现它们在阿拉斯加、日本或加利福尼亚觅食，再返回新西兰，一次往返旅程就跨越了近64 000千米。这种鸟食性广泛，鱼、乌贼和磷虾都是它们的食物。它们还常常会在捕食的鲸或渔船周围碰运气。

在英国的夏末和秋季，灰鹱有可能出现在任何海岸地区。它们在飞行中是两翼纤长的深色鸟儿，比更为常见的大西洋鹱体型略大，但姿态却同样优雅、利落。看着灰鹱消失在海面的波谷，随后又毫不费力地翱翔至波峰，翼端几乎擦过水面，你很难不为它们在全球旅行中所跨越的海域之广大而赞叹不已。

白腰叉尾海燕

夜幕降临到遥远的圣基尔达岛，这已是不列颠群岛最为偏远的外岛了。当黑暗笼罩巨大的礁石和离滩时，一个声音开始传出，它不同于其他任何音响，只能用游乐场最繁忙时刻所发出的声响加以类比。这叫声来自我们最神秘莫测的海鸟—白腰叉尾海燕。

白腰叉尾海燕只生活在英国西北海岸外最偏远的岛屿，它们也是最难见到的英国繁殖鸟类之一。这并非因为它们数量稀少—该种在英国境内大约有5万个繁殖对—而是因为它们只在不列颠群岛最偏远的四个群岛区域（北罗纳、弗兰南群岛、爱尔兰梅奥郡近海，以及圣基尔达）繁殖，并且还是夜行性的鸟类。

如同它们的近亲暴风海燕一样，白腰叉尾海燕也是体型似椋鸟的小型海鸟，也极其适应海上的生活。它们有着与暴风鹱、鹱相同的“管鼻”，这是上喙两侧的特殊管状结构，能排出它们所喝海水中的盐分。它们还与大多数海鸟一样惊人地长寿，平均寿命达二十年，有些甚至可以活到三十岁。

追逐小鱼和浮游生物的觅食之旅结束后，它们就回到筑巢地，像蝙蝠一样成群地挤在空中，扯着机械般的古怪嗓门呼喊着地下洞穴里的配偶。

初秋时分，白腰叉尾海燕离开繁殖地，飞向公海，在比斯开湾或西非的外海上越冬。当它们南飞后，我们就很难有机会看到这些习性隐秘的鸟儿了。但白腰叉尾海燕也有阿喀琉斯之踵：它们很容易受到海洋风暴的影响，秋季的狂风可能会迫使它们靠近海岸，甚至进入内陆，所以我们偶尔能在水库或湖泊里发现它们。

这一现象被观鸟者叫作“沉船”，对于狂热的观鸟者而言是看到这种小型海鸟的良机，但同时也混杂着对它们状态的担忧。然而，幸运

的是，并非所有的个体都会真的沉没，它们中有许多最终能够重新找到方向，回到公海。在那里，它们就可以安全觅食，度过剩余的秋冬时光了。

牛背鹭

任何以非洲为背景的野生动物纪录片中，最为常见的场景之一就是成群的、像海鸥一样大的白色鸟类停栖在非洲水牛或大象的背上，或集群来到水坑边喝水。

所以，2008年，当一群这样的小型白色鹭类出现在格拉斯顿伯里高岗下的湿地里，漫步于一群奶牛之间时，观鸟者们都震惊了。牛背鹭在萨默塞特沼泽繁殖，这在英国境内还是头一次。

在英国西南部观察到这种适应性很强的鸟类，可能会让人感觉格格不入，但对于了解情况的内行来说也是有迹可循的。牛背鹭是世界上分布最广也最成功的鸟类之一，也是仅有的两种在包括南极在内的世界七大洲都有过记录的鸟类之一（另一种是北极燕鸥）。2007年的秋冬季节，10多只牛背鹭在英国出现，主要是在英格兰的西边和南边。这些社会性的鸟类聚集在一起过冬；繁殖季到来时，它们当中的大部分向南飞回了欧洲大陆，但有两对留在了萨默塞特的两个鹭类繁殖集群中，和人们更为熟悉的苍鹭及白鹭待在了一起。

与大多数鹭类不同，牛背鹭不完全依赖水生环境。它们的适应性也更广，曾有一只在锡利群岛越冬的牛背鹭每天都在一处开放式温室里夜栖。

这种强大的适应能力，再加上喜好游荡的天性，是牛背鹭成功扩

散的秘诀。20世纪初，该种还只见于旧大陆，即欧洲、亚洲和非洲的广袤地区，在澳大利亚也有一个规模不大的种群。其后，借着一次巨大风暴的力量，一群牛背鹭越过大西洋，来到了南美洲。接来下的几十年里，它们开始向北扩散，经加勒比海地区进入北美。现在它们已成为北美的常见鸟类。

它们的亲禽白鹭广布于英国，尤其是南部地区，那么怎样才能判断你所看到的是更为少见的牛背鹭呢？白鹭有着纯白色的羽毛、黑色的鸟喙；而牛背鹭偏乳白色，在繁殖季，头和背部还有橘黄色的繁殖羽，并且它们的喙也是橘黄色的。另外，牛背鹭在体型上稍小于白鹭，也更壮实且缺少优雅的气质。

在萨默塞特繁殖的种群几乎可以确定是来自南欧，它们的到来也是这些年牛背鹭从西班牙和法国向北扩散的正常结果。尽管第一年的繁殖取得了成功，每年也还会有小群的牛背鹭扩散到这里，但它们还没能在英国建立起稳定的繁殖种群。不过想想牛背鹭的成功扩散记录，我们可以肯定，过不了多久，它们也会像白鹭一样常见了。

角百灵

诺福克北部海岸地区绵延的湿地像磁石一样吸引着观鸟者，尤其是在10月。那时，候鸟还在过境，来自极北之地的首批冬候鸟也陆续抵达。

在大群的雁类和天鹅，还有涨潮时四处走动的鸻鹬类之间，有一群体型较小且身形和样貌与云雀相似的鸟儿，它们就是角百灵。

沿着沙丘起伏的海岸线观察角百灵觅食，聆听它们的鸣叫，是秋日里观鸟的亮点。它们长得很是引人注目，羽色比云雀略淡且略黄，最明显的特征是浅柠檬黄色的脸颊、前胸上醒目的黑色横带，以及一个黑色的眼罩。

角百灵虽不太常见，却是在英国稳定出现的冬候鸟，主要见于英格兰和苏格兰的东部沿海的盐泽湿地，有时候也会跟雪鹀和铁爪鹀这两种同样来自遥远北方的鸟类混群。尽管脸颊上有着对比鲜明的黑色和黄色图案，但当它们为躲避凛冽的东风而蹲伏下去时，它们就很难被发现。同时，角百灵非常好动，集群规模也小，通常每群的数量不超过20只，这都使得要找到它们实属一种挑战。

它们还被称作"角百灵"（horned lark）[16]，原因是繁殖季雄鸟的头顶两侧会翘起一对冠羽，看起来活像是魔鬼的双角。在欧洲大陆，角百灵繁殖于斯堪的纳维亚的苔原地带，雄鸟会站在雪地里倒伏的树干上高歌，而雌鸟则会将鸥类的白色羽毛衬垫在巢里。

角百灵在全球都有着广泛的分布，繁殖地从北美的大部分地区向南延伸到哥伦比亚境内，也包括亚北极区和各地的一些山脉，比如北

非摩洛哥的阿特拉斯山脉。它们极偶尔也在苏格兰高地的山顶上繁殖，但在英国境内还未形成稳定的繁殖种群。

火冠戴菊

戴菊以英国最小的鸟类而闻名，但它还有一个体型非常相似、只略微大那么一点儿的近亲，这就是火冠戴菊。在街区公园、教堂墓地，甚至是自家花园里与火冠戴菊的相遇，都是足以让人回味的时刻，总之这种色彩斑斓的小鸟可能出现在任何地方。

与更为常见的戴菊相似，火冠戴菊体长也仅有9厘米，体重5到6克。这两种小鸟常常会被混淆，它们都有橄榄绿色的羽毛，头顶是鲜亮的橘色或黄色，但火冠戴菊还有黑色的过眼纹、炫目的白色眉纹，以及颈部两侧青铜色的斑块。这些都使得火冠戴菊更加色彩鲜明，引人注目。

每年秋季，火冠戴菊跨越北海而来，它们中的很多个体会继续飞越英国，前往更靠南的大陆上的越冬地。但有一部分鸟儿会留在这里，找到一个合适的庇护场所。这样的地方通常靠近海岸，在那里，常绿植物—尤其是冬青、常春藤和杜鹃花丛—既提供了藏身之所，又是理想的觅食之处。

由于身形娇小又动个不停，要消耗大量能量，有些火冠戴菊会利用都市的热岛效应来到城郊区越冬，公墓或教堂庭院是它们常待的地方。因此，在秋冬季节，很值得到这些地方探寻这种美丽的访客。火冠戴菊的鸣唱和戴菊略有不同，是一连串持续增高的高音节，而缺乏戴菊脉动的节奏和末尾的颤音。要想通过叫声来区分两种鸟，就难得多了。

火冠戴菊在英国不算常见，但自20世纪60年代初被发现在这里繁殖以来，其数量在稳定地增长。此前它们很可能是被忽略了，而鸟类学家发现其繁殖行为之后，其他的繁殖地点也迅速被找到了。

现在人们认为英国境内有1 000对火冠戴菊繁殖，它们大多生活在英格兰东部和南部的成熟针叶林中，新森林地区及东安格利亚山脉

是其核心区域。在繁殖季以外的时间，它们的分布则要广泛得多。阴冷的秋冬季节，找到这么一种光彩夺目的小鸟绝对是一大乐趣。

刺歌雀

当冷飕飕的秋风刮起，整个北半球的候鸟都开始南行了，它们要去能找到足够食物的热带地区越冬，来年春天再向北回归繁殖地。每年这个时候，欧洲的很多鸟类会离开，在大西洋另一侧的北美也是如此。

从加拿大东部以及美国东北各州向南迁徙，最快捷而直接的路线不是经过陆地，而是飞越西大西洋，之后再南下到达加勒比海地区或南美。

这条线路的优点是可以规避鹰这样的捕食者，但也有一个主要的不利之处：如果遇到了飓风或者热带风暴的尾巴，迁徙中的候鸟很有可能被吹离原定路线，被带到大西洋的中间。

这些不幸的鸟儿中的大多数一直飞行，直至力竭坠海。但也有少部分鸟儿能设法维持飞行，一直向东，跨越3 000千米以上，最终抵达陆地。它们就是被人趋之若鹜的“美国佬”，它们从美洲流浪而来，出现在从锡利群岛到设得兰群岛的观鸟胜地，总能让英国观鸟者兴奋不已。没人知道它们还能否返回美国，但鉴于大西洋上盛行从西向东的风，这些鸟回家的可能性并不大。

刺歌雀就是来自北美的迷鸟之一。刺歌雀真正的家园是加拿大和美国北方各州的大草原，该鸟种在英国极其罕见，你可能从来就没听说过它。它们看起来像是大型的燕雀类，却属于拟鹂科，在演化关系上与鹀类最为接近。由于雄鸟的繁殖羽黑白相间，它们有时候又被叫作“臭鼬黑鹂”。它们的歌声愉悦欢快，节奏感十足，曾有一位美国博物学家把这歌声描绘成“一种压抑许久后的爆发，带着无可抑制的欢

乐”。来到英国的刺歌雀可没有这么炫目，它们往往是带着斑点的幼鸟，或是像亮黄色家麻雀一样的非繁殖羽个体。

1962年的秋天，英国境内记录的第一只刺歌雀在西南角锡利群岛的圣艾格尼丝岛上被发现。之后的五十多年里，一共有30多只刺歌雀被记录到，它们大部分都出现在西南部，出现时间也都是9月和10月。10月是北美鸣禽迷鸟出现在英国的最关键时段，而刺歌雀只是55种飞越大西洋而来的鸟类之一。

这当中有许多鸟儿是依靠自己的力量到达这里的，其中有一些是沿着格陵兰岛或冰岛一点点渗透，有一些则是直接飞过大西洋而来。还有一些鸟儿被认为是在东迁途中搭乘了客轮或者货船，它们通常都会被承认是真正的迷鸟。但如果某只鸟在途中被人为饲喂过，那它未受人为帮助而出现在英国的能力就会遭受质疑。这还只是承认或否认某种鸟是迷鸟时需要考虑的方面之一。罕见鸟其实一直是观鸟界的雷区。

迷鸟的裁定由英国罕见鸟种记录委员会做出。由于自1958年成立以来还没有任何女性成员，该委员会也被称作“罕见十男子”。秋季如潮水般涌来的观鸟记录让委员会成员格外忙碌，谁知道这当中会不会就有一只刺歌雀呢。

哀鸽

1999年11月的一个夜晚，住在外赫布里底北尤伊斯特岛上的梅尔·麦克费尔透过自家的窗户，看到一只长相奇怪的鸽子蹲坐在花园的围栏上。这只鸟看上去累极了，事实也的确如此，它是第二只自己飞到不列颠群岛来的哀鸽。

哀鸽的体型比我们所熟悉的灰斑鸠略小，它们有着棕灰色的背部和略带粉色的胸腹，两翼上有黑色的斑点，还有一条又长又尖的尾。它们的名字源自其咕咕的哀鸣声。它们是北美最常见，分布也最广的鸟类之一，据估计总数量可达5亿只；其分布区北起加拿大南部，穿过整个美国，南至巴拿马及西印度群岛。

无论最初源自何处，眼尖的麦克费尔夫人发现的这只鸟一定是历经了史诗般的旅程，横跨大西洋，才抵达了欧洲的边缘。它混在赫布里底群岛的一个鸡舍里，狼吞虎咽地吃着谷物饲料。当地的几位观鸟者慕名而来，也见到了它，可这只鸟仅多逗留了一天，这让大批摩拳擦掌的推鸟者非常失望。他们已经谋划着要前往不列颠群岛中最偏远的岛屿，好给自己的英国鸟类目击名录加上重要的一笔。

十年前，也就是1989年10月31日，一只哀鸽出现在马恩群岛最南端的卡夫曼岛的环礁上，这是在英国被记录到的第一只哀鸽，但这只鸟一天后就力竭而死。第三只哀鸽的记录出现在2007年，很神奇地同样是在北尤伊斯特岛。这一次，它幸运地存活下来，并在当地停留了一周的时间。这让那些骨灰级的推鸟者有充足的时间从不列颠主岛

上赶到赫布里底群岛来看它。

过去推鸟者超速驾驶，乘坐轮船、班机和直升机，再连续跑上几英里，为的只是看到一只罕见的鸟儿，特别是之前几乎没有在英国出现过的鸟类。但说到哀鸽，为什么人们会耗费如此大的精力来追逐它呢？要知道，他们只需要买上一张飞越大西洋的机票，就能在哀鸽的原生地北美洲轻松地见到它了。

毕竟，在大西洋的这一边见到哀鸽，就相当于我们最熟悉的斑尾林鸽出现在了纽约的中央公园一样。推鸟者的反应说明，即使是最常见的鸟，若出现在了超出预期的地方，也会受到如罕见鸟般的追捧。所以，当你等待下一只哀鸽到来的时候，何不好好欣赏一下我们最漂亮的鸟类之一——斑尾林鸽呢？

11月

寒鸦

白颊黑雁

斑尾塍鹬

黄雀

红嘴鸥

欧金鸻

灰鹤

赤胸朱顶雀

白鹡鸰

黑腹滨鹬

沼泽山雀

褐头山雀

锡嘴雀

黑尾塍鹬

麻雀

黄嘴朱顶雀

苍鹰

侏海雀

扫码欣赏图片和鸟鸣

引子

烟花将夜空照亮，寒风从树上卷走了最后的残叶，对于许多鸟类来说，11月是蛰伏的季节。来自斯堪的纳维亚的欧乌鸫在跨越北海的严酷旅行之后，忙着用浆果填饱肚子，跟本地的同族时有小冲突。白眉歌鸫和田鸫扫荡乡间，寻找正在发酵的水果：果园里满地是被风刮落的苹果，这里总是充满了聒噪的鸫类，早霜之后更是如此，因为冻结让水果变软，更易食用。

更多的鸟儿仍在陆续迁来。欧洲大陆的斑尾林鸽和紫翅椋鸟不断涌入，壮大了我们这里居民的数量。在林地和荒地上，有时甚至就在城镇的花园里，可能来自遥远西伯利亚的赤褐色丘鹬从你脚下被惊起，张开横纹密布的两翼，摇摆着呼呼飞走。在东海岸地区，短耳鸮从草地上空低飞而过的景象是一种真正的款待。你如果极为幸运的话，还能见证它们飞越北海、进入海滨的草地隐蔽处之前被鸥类袭扰的场景。

我们见到的鸟类并非全都来自域外。田地里杂乱的一角，或是一块崎岖的荒地，就足以容纳一对黑喉石䳭，它们从高地荒野上下撤到更容易找寻食物的这里。在11月和暖的日子里观察这些富有魅力的小鸟，令人感到愉悦，它们在栅栏桩或浇灌喷头上起起落落，飞捕虫子。在黑喉石䳭身后的开阔田野里，你可能会见到欧金鸻。尽管它们身上的金色只在秋季的阳光下闪耀，但它们成群飞入空中时仍颇为壮观，它们在逐渐压低的云层下方以整齐的队形翻飞，身上的色彩随之发生变化，先是显出一片耀眼的白色，然后又变暗。源自本地的和来自斯堪的纳维亚的个体会混在一起，组成这摇曳的鸟群。

掉落了的树叶使得观察某些鸟类稍微容易了一些。夏日里的锡嘴

雀以行踪隐匿而著称，但在10月末和11月间，留居本地的小群锡嘴雀因大陆来客的加入而规模大增。你在紫杉树和鹅耳枥附近仔细观察，可能会发现一只锡嘴雀从地面飞到树上，或是在树顶大声发出“tick”的声音。而在发出呼呼声响的飞行中，它们看起来身形粗短，尾也短，两翼上还有透光的白色区域。在没有树叶遮挡的情况下，你可以尝试捕捉沼泽山雀与褐头山雀的身影。这两种鸟都是今天少见的林地鸟类，不过它们的种群衰减呈现地域性，在有些地方它们可能只是被忽略了。

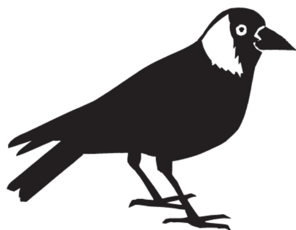
在一年中的这个时间，很值得去本地的湖泊和砾石坑扫视一番。夏天的主要鸟种不过是些绿头鸭、骨顶鸡和偶尔出现的凤头潜鸭，现在却总有机会见到一些更有异国情调而足以点亮短暂白昼的种类：带有斑马状条纹的雄鹊鸭，或是长相滑稽的琵嘴鸭，后者贪婪地用喙在水面滤食细小的水生生物。

河流两侧的河漫滩上，赤颈鸭和针尾鸭的数量日渐增多，它们中间可能会有来自俄罗斯的小天鹅或源于冰岛的大天鹅。在苏格兰西部，尤其是索尔韦湾，从斯瓦尔巴群岛而来的数千只白颊黑雁在碱草地上吃草。从格陵兰岛来的白颊黑雁则在爱尔兰西部和赫布里底群岛中的艾莱岛越冬。它们鸣叫着从空中向草地下降时，像红酒开瓶器一般来回翻转，使用这一被称作“摇转”的技能可以快速降低高度。

很明显，并非所有南迁来的鸟儿都源自斯瓦尔巴群岛。当11月的风吹拂北海的浪尖时，海面的泡沫间穿行着小黑影，这是在逃离北极寒冬的侏海雀。这些袖珍的海鸟数以百万计地在北极高纬度地区的悬崖上繁殖，现在正朝公海上的越冬区域进发。

当你发现海鸟观察并不适合自己—这是一种需要后天培养的爱好，尤其是在寒风中的时候—那么相对平静的河口可能是一个容易接受的备选项。满是食物的泥滩上有成群的红腹滨鹬、黑腹滨鹬和红脚鹬，一旁还有个头更大的白腰杓鹬和塍鹬，大家都在软泥中探寻蠕虫和细小的贝类。秋天的一个下午，潮水涌来，将滩涂渐渐淹没；觅食场所消失时，你能看到这些鸻鹬类在天空中集群飞舞。当它们在高潮位的停栖地再次集结时，它们发出的颤音、哨音和笛音组成管乐合奏，为11月下旬的一天画上了恰当的休止符。

寒鸦



11月的一个寒冷的傍晚，暮色已经开始在城市、村庄和农田降临，这时你会听到一阵欢快而熟悉的声音，像是一段对话在大地上反复回荡。抬头望天，你能看到纷乱的寒鸦群，它们正沿着祖先已经使用了几百年的路线，飞回林地中的夜栖之处。它们飞过头顶时羽色比昏暗的天空略黑，每一只都发出尖厉的叫声，很像寒鸦英文名（jackdaw）里“杰克”的发音。这是寒鸦彼此之间联系的方式。

寒鸦是英国8种鸦科鸟类中体型最小的一种，大概只有原鸽那么大。除了体型差异以外，寒鸦与其他那些黑漆漆的鸦科成员（包括渡鸦、秃鼻乌鸦、小嘴乌鸦）的区别还在于它们有着醒目的灰色后颈、更加粗短的喙，以及带着凌厉眼神的浅灰蓝色眼睛。

跟其他鸦科鸟类一样，寒鸦也是趾高气扬，又有街头智慧的食腐者，就像是鸟类世界里的“逮不着的机灵鬼”[17]，它们甚至会用偷窃来的亮闪闪的东西装点鸟巢。而雏鸟也因此常被刮伤，受伤以后它们被人所照料，往往成为最棒的“异宠”，直至伤愈回到野外。

寒鸦主要生活在低海拔地区的乡村，教堂的尖顶和家里的烟囱是它们最喜欢的高处。在秋冬季节，它们就成了社会性的鸟类，常常和秃鼻乌鸦、小嘴乌鸦混群，一起在地面觅食，翻开牛粪，在草皮下面寻找蛆虫。它们也和其他鸟类一起在垃圾堆上觅食，和那些灰色及白色的海鸥一起飞到空中时，看起来像雪暴一样。可能因为寒鸦的集群性和欢快的叫声，不少人都觉得它们比其他鸦科鸟类更招人喜欢。

但寒鸦的一种行为让它们不大受欢迎。这种出了名的坏习惯就是向烟囱里丢树枝，寒鸦希望以此来构筑一个平台，最终可以在上面筑巢繁殖。繁殖季结束后许久，当房屋的主人尝试生起秋天的第一炉火

的时候，他们常常会糟心地发现起居室因为烟道堵塞而灌满了浓烟。经过一番艰难的清理，取出几大垃圾袋的树枝，烟囱才得以疏通，而这一切都是拜一对勤劳的寒鸦所赐。

白颊黑雁

当苏格兰和英格兰边界地区还笼罩在微红的晨曦之中，一大群白颊黑雁便飞入了空中。这群身形紧凑的雁像躁动的小猎狗一样叫个不停，它们正在离开泥滩上安全的夜宿地，飞往内陆的开阔田地觅食。

白颊黑雁有着黑色、白色和珍珠灰色的怡人外表，它们从我们这个星球上最遥远的北方—格陵兰、斯瓦尔巴群岛以及俄罗斯的北极地区飞来越冬。每年秋季，北极圈内的大地完全为黑夜所包围，它们也飞离繁殖地，开始南迁。白颊黑雁告别那荒凉偏僻之地，来到苏格兰西部和爱尔兰的丰饶农场，尤其偏好盛产威士忌的艾莱岛，以及将苏格兰和英格兰分开的索尔韦湾的三角洲。它们的数量超过30 000只，聚集在一起时，远远看去，整个大地像是覆盖了一层柔软的灰色斗篷。

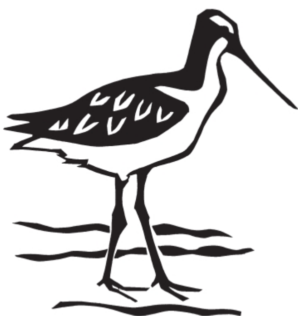
这些白颊黑雁每年秋季到达英国，而在来年春天又神秘消失，它们与藤壶之间的奇怪联系便由此产生。[18]威尔士的杰拉德教士在12世纪写道，他目睹了1 000只以上的白颊黑雁靠喙附在海上的漂木上，之后它们就沉入海中或是飞走。

那个时候，人们还远远没有认识到迁徙背后的科学原理，于是产生了各种奇怪的理论来解释鸟类的这种季节性旅行。今天我们知道，当年那个好奇的教士看到的根本不是白颊黑雁，而是一种叫鹅颈藤壶的大型软体动物。它们的壳长得像鸟喙，而身体又通过长长的、像脖子似的茎支撑。这种藤壶常常随着漂木被冲到海滩上。

尽管听上去很古怪，鹅颈藤壶长成或变成白颊黑雁的传说还是流传了五百年以上，直到被另一种听上去同样怪异的理论所取代，后者

认为鸟类沿着地球表面进行超长距离的迁徙。这样的解释怪异吗？是的，但它的确是真实的。

斑尾塍鹬



在各种装点了我们秋季海滩的鸻鹬类里面，斑尾塍鹬的色彩不是最绚丽的，歌声不是最动听的，身上的斑纹也不是最醒目的。但它们确实名声在外：斑尾塍鹬的单次不停歇飞行距离能超过11 000千米，约合近7 000英里，这是所有迁徙鸟类里最远的记录。

它们的英文名（godwit）很特别，这个跟其体型稍大的近亲黑尾塍鹬共享的称呼或许源自叫声，但也有观点认为该名字指塍鹬们肉质鲜美，“god-wit”其实就是“好吃的生物”的意思。17世纪的剧作家本·琼森在《炼金术士》中提到了用塍鹬做成的美食，书里的伊壁鸠·马蒙爵士声称，如果他能得到更多的财富，那么就连他的仆人“也要吃野鸡、炖鲑鱼、红腹滨鹬、塍鹬和七鳃鳗”。这句话显示了当时这些野味所代表的奢华。

两种塍鹬非常相似，它们都是体大腿长的鸻鹬类，体羽在春夏季都为锈橙色，而在秋冬季则换成暗淡的棕色。就像两者的名称显示的那样，我们的确可以根据尾部的图案把它们区分开来，但更好的识别方法是观察飞行中的个体：黑尾塍鹬两翼带有黑白相间的纹路，而斑尾塍鹬两翼颜色较为均一。另外，斑尾塍鹬要更显矮壮一些，腿也略短，喙略微上翘，并且偏好咸水而非淡水栖息地。

斑尾塍鹬在北极高纬度地区繁殖，南迁过冬。它们会在英国各地的沙滩及河口三角洲聚集，其中有一些会留下来，其他的则继续南飞，直至西非沿岸。

但在地球的另一边，它们很难在辽阔的太平洋上找到停歇的陆

地，因此这里的斑尾塍鹬会经受鸟类世界中最不同寻常的体能测试。在阿拉斯加度过繁殖季后，它们大吃特吃蠕虫和软体动物，极力增肥，在体重几乎翻倍之后才飞向大海。科学家们过去就发现，斑尾塍鹬一路南迁，直至新西兰；但那时他们认为，它们是沿着太平洋边缘飞行，并在沿途的小岛上停歇，以补充体能。

2007年，科学家们给一只斑尾塍鹬戴上了卫星追踪器，从而发现这只鸟连续飞行了九天九夜，跨越了浩瀚的大洋，路程达11 000千米。在这次史诗般的飞行中，这只塍鹬的体重减轻了一半，它在途中唯一的休息方式是每次关闭半个大脑的功能，以便在飞行中睡觉，这是它能熬过九天旅程的原因所在。最终，它和它的同伴到达了新西兰，并在那里度过整个冬天。来年春天，它们又要出发，踏上返回阿拉斯加的同样壮丽的征程。

黄雀

带着两翼上闪亮的黄斑和带有鼻音的合鸣，黄雀以前所未有的态势出现在了我们的花园里。它们曾主要生活在英国北部偏远的松林里，现在却已成了花园里的常客。黄雀比其他任何鸟类都更为成功，它命运的改变，缘于其特质恰好契合了我们对鸟类的喜爱。

时间回到20世纪60年代，那时，在庭园里投喂鸟类首次开始流行起来。悬挂装满花生的红色网兜是当时的一种流行做法，从本地五金店和宠物店里能买到这两样东西。这样的网兜跟黄雀在野外食用的桤木球果隐隐有些类似，对于这种小巧的、带斑点的黄绿色鸟儿来说似乎具有很强的吸引力。它们很快就出现在整个英国南部的花园里，为郊野的景观增加了新的怡人元素。

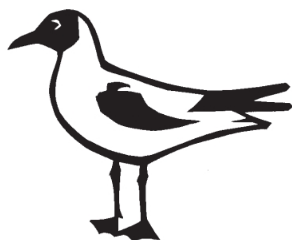
黄雀在针叶林筑巢繁殖，因此，随着大量商业化种植的落叶松、冷杉、云杉和松树在20世纪后期的逐渐成熟，这种鸟类的繁殖区域也向南扩展了。

第一次见到黄雀，你很容易联想到小巧而紧凑的欧金翅雀，但前者带有更多的斑纹。雄鸟的顶冠和喉部为黑色，脸颊为黄色，雌鸟和幼鸟的羽色更浅。雌鸟和雄鸟都有宽而明显的黄色翅斑，以及柠檬黄色的腰部和尾部图案。这些特征在它们飞行时很容易辨认。当它们不在花园里活动的时候，你还常常能在河流和溪水边见到它们，它们通常会和另一种小型的雀类—小朱顶雀混在一起食用桤果。它们也喜欢落叶松和冷杉的果实，在食物充足的地方会聚成上百只甚至更大的集群。

当它们在树枝间杂耍般地跳跃时，你很难直接观察它们，在秋季铅灰色的天空背景下更是如此，但你可以通过带鼻音的叫声来识别它们。冬去春来的时节，你有时能听到它们群集在树顶上齐声合唱，那是吱吱喳喳和独特的咩咩声交织在一起的声音。繁殖季到来时，黄雀会回到它们喜爱的针叶林中，这时的歌声又成了美妙的求偶炫耀的一

部分。这种求偶炫耀包括一段蝴蝶般的飞舞—为了吸引心仪的异性，雄鸟会尽力张开两翼，缓慢地围着它的领域飞行。

红嘴鸥



在本地公园的湖泊或池塘边拿出一袋陈面包，你很快就会被如潮水般的、尖叫着的红嘴鸥包围起来。当它们在野鸭、雁类和天鹅头顶飞舞和争吵时，它们很容易被人视作平淡无奇的鸟儿，但红嘴鸥其实是我们所熟悉的鸟类中最优雅也最善于飞行的鸟儿之一。有个测试它们空中灵活性的方法颇为有趣，那就是将一片面包向上抛到空中，然后观察它们在半空里抢夺食物，而那些挤在水面上的雁鸭类则只能眼馋了。

这种鸥英文名中的“黑头”（black-headed）二字在一年中的任何时期都有误导人的嫌疑。在春夏季节，它们的头部是棕巧克力色；在非繁殖季，它们则会完全褪去头部的深色，只留下一两道污迹般的印迹，仿佛这种鸟忘记了洗脸。

红嘴鸥是目前英国最常见的小型鸥类，在全年当中，你都能凭借优美的飞行动作、红色的双腿和棱角分明的两翼前缘的亮白色认出它们来。红嘴鸥的叫声也非常特别，曾促使理查德·亚当斯在《海底沉舟》中把它们叫作“柯阿”（Kehaar）。

尽管我们今天已经对红嘴鸥出现在城市和集镇习以为常，但它们并非一直如此。维多利亚时代的博物作家威廉·亨利·赫德森在20世纪之初写道，红嘴鸥在伦敦并不常见。即便是现在，红嘴鸥也主要在秋冬季节来到我们的城区，它们在湿地、高原草地以及海边的沙丘上繁殖，而这些地方大多位于英国的北部。

如果你走入这样的集群繁殖地，成群的鸟会气势汹汹地飞起来，邻里间彼此提醒着入侵者的存在。但这种方法并不能阻止偷鸟卵的人，过去他们曾采集大量的鸟卵和雏鸟，将它们出售。维多利亚女王

刚开始当政时，诺福克的一处集群繁殖地一年就可以收获40 000枚以上的鸟蛋。

你在公园的湖边所见到的，或是正从你们当地球场草皮里叼出虫子的一些红嘴鸥，可能刚刚经历了长途跋涉，前来越冬。环志记录显示，在芬兰和波兰繁殖的红嘴鸥有规律地在英国过冬。它们的头部在新年伊始又长出深色羽毛，之后它们会向东迁徙，返回繁殖地。

欧金鸻

11月里暗淡的一天，一群凤头麦鸡在犁过的耕地上盘旋几圈后降落下来觅食。当它们落地时，你会发现其中有一群体型更小的鸟类，其两翼像刀锋一样凸出，不停发出铃铛般的叫声“pee-wit, pee wit”。它们就是凤头麦鸡在秋冬季节的老搭档—欧金鸻。

每年的这个时候，欧金鸻很容易被忽略掉，因为它们的羽色跟其觅食地的地面颜色相似。但到了晴朗的日子，它们就变身为有着修长翅膀的空中精灵，快速扇动的两翼将正反两面的金色和白色都暴露在了阳光之下。

尽管在我们这里越冬的许多欧金鸻是从冰岛和斯堪的纳维亚而来，但有些也在英格兰北部、威尔士中北部以及苏格兰的荒原和高地上繁殖。换上春季的羽毛后，它们几乎完全变成了另外的一种鸟：雌雄都有黑色的胸部，脸颊边缘则是白色，背部布满了金色的斑纹。黎明时分，一只欧金鸻鸣叫着飞行，它发出的叫声回荡在覆盖着石南丛的荒地上，这是关于春天即将抵达这片寒风凛冽的荒凉大地的最早启示之一。

作为一本世界级畅销书的鲜为人知的发端，欧金鸻也有一个看似微小却影响深远的名声。1951年，吉尼斯啤酒厂的总经理休·比弗爵士参加爱尔兰东南部的韦克斯福德郡的狩猎聚会。他跟参与的另一位成员争论起不列颠飞行速度最快的猎禽究竟是欧金鸻还是柳雷鸟。

休爵士发现没有任何一本参考书可以给这样的难题提供答案，他

决定编写一本包括这一答案乃至其他很多有关“之最”和极限问题的书。四年以后，即1955年，《吉尼斯世界纪录大全》诞生了。

这段插曲已经过去了五十多年，有关飞行速度最快的英国猎禽的争论，至今仍在继续。据估计，欧金鸻和柳雷鸟的速度都超过了每小时100千米，但在一项真正的相关科学实验完成之前，我们还是不能确定究竟谁更快。

灰鹤

萨默塞特的上空，一种自都铎时代以来久违了的声音再次在宽广的湿地上回响，这是鹤的鸣叫。在你听到这声音后不久，灰鹤扇动着宽大的、有着明显翼指的翅膀飞入了视野，像是一群巨大且身形拉长了的雁，脖颈和腿都显得特别长。它们在湿地上空低低地盘旋，身影倒映在被洪水充盈的池塘里。这些鹤最终停在了干枯的莎草丛中，经过了将近五百年的等待，英国最高大的鸟儿回来了。

它们的再次出现是科学、意志和希望共同取得的胜利。这一切并非自然的恢复，眼前的湿地也不是天然形成，而由人工建造，就连灰鹤本身也是经人带到此处。“大鹤计划”是现代保护事业的化身，牵扯到各种各样的辩论和争议。

灰鹤的身姿庄严肃穆，一簇灰色的尾羽像是维多利亚时代妇女的装束，头上带有红、黑、白三色，令人印象深刻。灰鹤曾广泛分布于英国的低海拔地区，但在农业灌溉、垦殖以及捕猎（据说灰鹤是一种美味）的共同影响下，到16世纪末，英国境内的繁殖种群完全消失了。它们如幽灵般地依然出现在克兰菲尔德（Cranefield）、克兰布鲁克（Cranbrook）这样的地名当中，毫无疑问也是虚构地名克兰福德（Cranford）的灵感来源，但在英国只能见到从欧洲大陆偶尔漂荡过来的灰鹤个体了。

20世纪70年代末，一小群灰鹤在从西班牙或者法国向北迁回斯堪的纳维亚繁殖地的过程中偏离了路线，降落到英国最东端诺福克郡的湖泊地区。幸运的是，它们发现那里的栖息地很符合它们的需求，于是逐步建立了一个数量不大但稳定增长的繁殖群体，这也是四百多年来灰鹤首次回到英国营巢。

这个小的核心种群逐渐壮大，在英国东部的其他地方也拓展了领地。不过最显著的扩展是由“大鹤计划”所推动的，该计划由多家保护机构通力协作，致力于在英国全境的湿地恢复灰鹤的繁殖种群。计划的目标是在五年之内将100只灰鹤放归野外，并在萨默塞特湿地建立一个核心的繁殖群。

任何鸟类的再引入计划都不容易，对于灰鹤这样性格羞涩的种类来说更是如此。首先，要从有着兴旺灰鹤种群的德国取来鹤卵，然后在位于格洛斯特郡斯利姆布里奇镇的野禽与湿地基金会总部孵化它们。雏鸟孵化后，由戴着特殊的鹤形手套、扮成它们的父母的员工来饲喂。这样做可以确保雏鸟不会对人类产生依赖，而这种依赖有可能在它们最终被放归野外后造成危险。

也有人反对这个项目。有些人认为，以这种方式抚养并放归灰鹤是对自然的干扰，因此不应这么做。但考虑到许多英国湿地野生动物的悲惨境遇，以及我们已经对自然遗产所造成的伤害，大多数人还是拥护放归计划。

现在每年春天都有一些灰鹤飞过不列颠群岛，它们在东安格利亚沼泽、约克郡，最近又在苏格兰东北部留下来营巢繁殖了。如今在萨默塞特和格洛斯特，野生鹤与放归鹤结伴而行。在模糊的地平线上，一群如此壮美的鸟儿齐声鸣叫、飞入空中，真是值得欢庆的一幕。

赤胸朱顶雀

成群的赤胸朱顶雀沿着绿篱飞翔和跳跃时，发出金属般的尖锐声音，很少再有别的视听场景能带来如此浓郁的乡村气息了。但是很遗憾，这样的场景已经变得越来越少了，就像我们其他很多农田鸟类一样，赤胸朱顶雀的命运也在沿着陡坡走低。

尽管如此，在秋末和冬季的傍晚，你还是能听到这种纤瘦小鸟的合唱，此刻的它们正聚在浓密的灌木丛中，抱团度过夜晚。

赤胸朱顶雀是一种整洁而有吸引力的小鸟，在北部边境又被叫作“棉絮雀”。它们将巢筑在农田的绿篱或灌木丛中，尤其喜欢荒野与公地上的金雀花和山楂丛。雌雄都有纤瘦的身形，身上被棕色羽，两翼和尾有着亮色的浅纹，飞行时很是显眼。春夏时节，雄鸟摇身一变，成为一个俊俏的家伙，前胸和前额都染上了玫瑰红色。

它似乎也知道自己突然间变得艳丽了，于是站上金雀花或绿篱的高枝，唱出甜美又富于乐感的情歌来吸引配偶。不幸的是，赤胸朱顶雀的嗓音和容貌也同样吸引了我们的祖先。在维多利亚时代，它们成了人们喜爱的笼养鸟，从那首著名的诙谐歌曲《老头喊，跟上车》就能看出来：

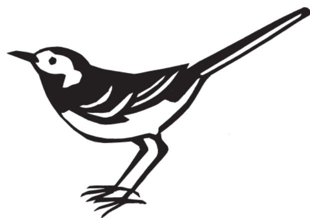
下了装满行李的大车，

我提着那只老赤胸朱顶雀跟在后面。

欢快的曲调和诙谐的歌词背后却掩藏着一个邪恶的事实：在维多利亚时代，包括赤胸朱顶雀在内的许多笼养鸣禽都被故意刺瞎了双眼，只因那时的人迷信看不见东西的鸟儿能唱出更甜美的歌。

繁殖季过后，赤胸朱顶雀聚成大群，数量常常达到上百只。它们以收割之后散落的干草籽、油菜籽和亚麻籽为食。事实上，赤胸朱顶雀的英文名（linnet）源自法语linette，后者的词源是亚麻的学名*Linum*。

白鹡鸰



距圣诞节只有几周的时间了，急切的消费者挤满了市中心的街道，搜刮着节日礼物。但在收银机的哔哔声和孩童的吵闹声之上，还有一种更甜美的声音，这就是白鹡鸰尖细的双音节叫声。

白鹡鸰太过常见了，以至于我们往往会忽视它。这是一种形如其名的鸟儿，它的身上黑白相间，觅食的时候总是上下摆动着尾巴。诗人约翰·克莱尔注意到它漫步时故作姿态，于是将其称作“踱步小鹡鸰”。

白鹡鸰从头顶飞过时，像提线木偶般一起一落，还发出标志性的鸣叫“chis-ick”，重音会落在第二个音节。伦敦的观鸟者因此称它为“奇斯威克飞行物”，不过这种叫声在首都以外的英国大部分地区都能听到。

春天和夏天，大部分白鹡鸰都独自生活或配对繁殖，很少群聚。但当秋季来临，天黑得越来越早，温度也持续下降，它们就变成了具有高度社会性的鸟类，每天傍晚都聚成大群，在一起过夜。

它们在具有热岛效应的城市里比较安全，而且结群过夜这种行为可以提供额外的共同警戒；当它们聚集在购物中心或高速服务区这样照明充足的地方时，霓虹灯光足以吓退捕食者。但这并不总是像它们希望的那样有效：20世纪80年代，在英格兰中部地区一家玻璃加工厂夜宿的一群白鹡鸰就碰上了一只前来捕食的灰林鸮，在这一大群鹡鸰里猎食，对这只灰林鸮来说无异于探囊取物。

白天你常常能看到白鹡鸰在田野里捕食昆虫，但它们在街道上也同样自如，会在人行道及公路表面寻找猎物。它们似乎喜欢停车场，繁殖季里我们常能看见雄性白鹡鸰攻击汽车后视镜里自己的镜像，它

一定误以为那是一只闯入自己领域的雄鸟。

但它们在冬季里群聚时才是它们最有魅力、最为神奇的时刻。它们挤在夜栖的枝头欢快交谈，好像圣诞树上发出声响的装饰品，这似乎在提醒我们，大自然也有适应人工环境的能力。

黑腹滨鹬

午夜时分，当河口沙滩上的潮水开始退去时，响起了一种像是足球裁判哨声的鸣叫，这表明并非所有的鸟儿都进入了梦乡。跟所有的鸻鹬类一样，黑腹滨鹬的取食也依赖于合适的潮位，因此，在夜幕的笼罩下，这些小鸟开始在辽阔的滩涂淤泥上觅食了。

潮水在清晨又涨了回来，大群的黑腹滨鹬聚集在一起，以紧凑的队形飞入空中，扭转、盘旋着，寻找着可以栖身的地方。远远看去，鸟群活像一团旋转的烟雾。

黑腹滨鹬是冬日里常见的鸻鹬类，在其觅食的河口滩涂上是观鸟者的保底鸟种。它属于美国观鸟者统称为“唧唧叫鸟”的一大类小型鸻鹬中的一员，这些鸟因带有颤音的叫声而得名。

黑腹滨鹬的体型跟椋鸟相仿，有着长而弯曲的喙。在泥滩上四处跑动时，它们高速地点着头触探地面，看起来好像是要用喙来缝合泥滩的裂口。它们寻觅的是遍地的微小螺类和蠕虫，这丰富的食物资源也是鸻鹬类和雁鸭类会来到我们这里越冬的原因所在。在更为高大和典雅的白腰杓鹬及塍鹬的腿间窜来窜去时，这些不起眼的小鸟就像老鼠一样。秋冬季节，黑腹滨鹬羽色灰白；但当春季来临时，它们就会换上繁殖羽，茶色背部与黑色腹部的独特搭配跟其他任何鸻鹬都不会混淆。

整个北半球的温带地区都有黑腹滨鹬的身影。每年大约有35万只黑腹滨鹬从斯堪的纳维亚和俄罗斯的繁殖地迁往英国越冬。

尽管数量比冬季来客少很多，但黑腹滨鹬确实在不列颠群岛繁殖。人们常常在欧金鸻也喜欢的高沼荒野里发现黑腹滨鹬的巢。它们与欧金鸻共享同样的栖息环境，并且春季在相近的时间到来，所以它

们也被称作“鸻伴侣”。然而，要想见识最壮观的黑腹滨鹬群，还是得前往外赫布里底群岛那些开满野花的沙滩草地。每年晚春时节，大群的黑腹滨鹬会在这里的三叶草、毛茛和兰花的上空飞舞起落，地面上则充斥着凤头麦鸡和蛎鹬此起彼伏的叫声。

沼泽山雀

就像波纹林莺、白嘴端凤头燕鸥和庭园林莺一样，沼泽山雀也有些名不副实。它们并不栖息于沼泽地，而是常常出现在阔叶林里，因此“橡树山雀”也许是一个更为恰当的名字。

沼泽山雀并没有青山雀或大山雀那样艳丽的色彩及醒目的条纹，所以很容易被人忽视。辨认它们的秘诀在于聆听很像是轻声的喷嚏的叫声，通过这声音，你便可以在它们飞越枝头的瞬间认出它们来。

深秋和冬季是熟悉这种文静而动人的小鸟的好时机，这时它们会暂时加入其他游荡的森林鸟类，与这些鸟儿一起寻觅昆虫和蜘蛛。而当其他鸟类继续前进后，沼泽山雀还会留在自己的领域里面。冬季里，在一些显然了无生气的橡树林中，唯一的声音可能就是一对沼泽山雀发出的“pit-choo”声了。

如果它们站着不动，你就能看清楚它们那精致的灰色羽毛、白色的脸颊，以及黑色的顶冠和喉部。但是要当心，它们的近亲褐头山雀也具有这些特征，因此最好依靠沼泽山雀独特的声音来辨认它们。

在整个英格兰和威尔士的成熟橡树林中都能找到沼泽山雀，但作为繁殖鸟，它们却在爱尔兰完全缺失，并且直到最近才出现在苏格兰的最南端。不过即便是在它们南方的分布区，有很多地方的种群数量也在持续下降，其原因尚未完全明朗，但也许是树林的地面植被遭鹿过度啃食所致。

像多数山雀科的鸟类一样，沼泽山雀并不做长途迁徙。事实上，它们是英国最恋家的鸟类之一，在整个冬季都会守卫自己林间的领域。春季到来时，雄鸟一边歌唱，一边搜寻大树上的树洞，它的配偶会适时地在洞里产下一窝带锈斑的白色卵。

褐头山雀

英国的一种常见繁殖鸟居然直到维多利亚时代末期才被发现，这一点简直让人难以置信。更让英国鸟类学家感到懊丧的是，做出这一发现的还是两个德国人。

奥托·克莱因施密特与他的同事恩斯特·哈特尔特在检查大英博物馆特灵分馆的一批鸟类标本时得到了这个发现。尽管那些标本都被记作沼泽山雀，但两人还是立刻意识到，其中两件属于他们在德国老家非常熟悉的褐头山雀。标本签上的细节还记载着这些山雀是在伦敦北部郊区被“采集”（即射杀）的。

而在此之前，人们认为这两种外形相似、亲缘相近的山雀里，只有沼泽山雀分布于英国。三年后，褐头山雀终于被确认在此繁殖，也在英国鸟类名录中赢得了一席之地，成为英国常见鸟类中最后被确认的一种。

说句公道话，这两种山雀非常相似，它们都有着灰褐色的羽毛、浅色的脸颊，以及黑色的顶冠和喉部。真正仔细观察的话，褐头山雀看起来要更壮实一些，脖颈也略粗，两翼上有浅色的区域，人们一般还认为它的顶冠是黝黑色而非亮黑色。不过这些特征很难辨识，所以综合看来，目前区分两者的最佳方式还是通过鸣声。沼泽山雀会发出像喷嚏一样的“pit-choo”声，而褐头山雀的鸣叫则是带有嗡嗡的鼻音“chay, chay”，后者的鸣唱是一串响亮的“see-u”。即便如此，要想准确地识别任意的个体，仍然需要充分了解两种山雀。最新发现的从外观上区分它们的办法是沼泽山雀的上喙基部有浅灰色的圆点。可这招在野外真的管用吗？不见得！

如今在野外遇上一只褐头山雀是一种特别的经历，这种鸟的数量在迅速减少，尤其是在英国南部它们过去常常栖息的许多地方，褐头山雀原因不明地消失了。由于是自己在树上凿洞，褐头山雀比沼泽山

雀更喜欢潮湿的栖息环境，它们偏好湿润的针叶林或有着柳树、桤木和灌木丛的落叶林。对任何一位观鸟者来说，在阴霾的11月听到褐头山雀的鼻音，都是外出观鸟的日子里的一大亮点。

锡嘴雀

从树顶传来一声尖锐的“tik”，或是白色的尾端钻进浓密的树冠，都意味着锡嘴雀就在附近了。

它们的体长是欧金翅雀的1倍，体重则是后者的3倍。尽管它们体型颇大，但除非你知道确切的地点，否则这种鸟并不容易见到。寻找它们的最好办法是聆听从鹅耳枥或樱桃树树顶传来的那种好似欧亚鸲般的响亮声音。耐心等待，它们也许就会呼扇着翅膀出现了。在冬季更容易遇到锡嘴雀，这不仅是因为它们会聚成小群，出现在像诺福克郡林福德植物园或肯特郡贝奇伯里松园这样的固定地点，而且从欧洲大陆迁来的个体也大大扩充了在英国本土繁殖的小种群。

如果你见到一只锡嘴雀，你会发现它是一种俊俏的鸟儿，身上有着锈红、米黄和浅黄褐色交织的柔和色彩，还有一个巨大的、鹦鹉般的喙。飞行时它们看上去很是臃肿，尾很短，有一道宽大的白色翅斑，尾端也是白色的。

锡嘴雀很喜欢鹅耳枥、紫杉和樱桃树之类的植物的种子。很少有鸟能强力嗑开坚硬的樱桃核，吃到里面柔软的种子，但对我们体型最大的雀鸟来说，这就是小菜一碟了。它们的喙能够产生每平方厘米12千克或每平方英寸180磅的压强，可以轻松压碎坚硬的种子。环志工作人员总是小心翼翼地握持锡嘴雀，也就不奇怪了—它们那可怕的喙能咬断手指。

如今锡嘴雀的数量也在迅速减少，目前只有500对在英国繁殖。它们最核心的栖息地包括新森林和迪安森林，你在那里依然有机会听到尖锐的、闹钟般的叫声，或是瞥见在高高的树顶短暂停留，然后飞走的身影。

黑尾塍鹬

黑尾塍鹬的头和肩都高于大部分春季可见的鸻鹬类，它们不仅在身材上如此，在相貌上也同样出众，很少有鸻鹬类比身着繁殖羽的它们更加漂亮了。它们全身呈锈橙色，配有一只橘色和黑色的修长鸟喙，飞行时两翼上显出黑白相间的图案。

你在春季能见到经由不列颠群岛北迁的身着繁殖羽的黑尾塍鹬，但仅有不到100只会留在英国繁殖。它们大多生活在彼得伯勒附近宁河湿地的湿润沼泽里，这里是东部大沼泽所剩无几的碎片之一，历史上巨大的沼泽曾经覆盖英国东部的大片土地。

在中世纪，上百万只水鸟曾在这片沼泽地繁衍生息，黑尾塍鹬也曾常见到成为皇家宴会常备菜肴的程度，这种肥美的鸻鹬类在那时被认为是一种美食（详见斑尾塍鹬）。

如今黑尾塍鹬在每年秋季还是很常见，大约有5万只会在这个时节从冰岛迁来。它们停下来，在盐沼、淡水沼泽和英国低海拔地区的湿地补充能量。但当冬季来临时，大部分黑尾塍鹬都会继续南飞，前往法国和地中海地区越冬。

繁殖季一过，雌雄黑尾塍鹬就会不寻常地分开，它们的越冬地也相隔几百英里之远。而到了春季，雌鸟和雄鸟在北迁返回冰岛繁殖地的途中都会在英国停留，而且几乎同时到达。不过行动迟缓的雄鸟要当心：如果不能及时返回繁殖地，它们的配偶就会“离婚”

并主动选择一个新的伴侣。

麻雀

我们不把家麻雀当一回事，很少会多看它们一眼。但在某些乡村，还是值得仔细观察每群家麻雀的，因为当中可能会混有它们罕见的近亲—麻雀。当然，你也要竖起耳朵，搜寻绿篱里麻雀传出的那种干涩的“tek, tek”声。

麻雀有着栗色的顶冠、亮白的两颊、整体上更为整洁的外貌，看上去就像是为了特别的场合而收拾利落的家麻雀。家麻雀的雌雄之间差异很大，而麻雀则长得完全一样。与城市生活相比，它们更喜欢乡间的生活环境，而正是这一习性在近年来导致其数量下降。

人们清除了绿篱和树林，在田间喷洒杀虫剂，全年都将土地用于耕种；这样的管理方式剥夺了麻雀的食物和巢址，大大减少了它们的数量。而在它们能幸存下来的地方，它们往往又是得到了人类的帮助，人工巢箱为它们提供了繁殖场所，投喂的种子食物可以帮助它们度过寒冬。

尽管麻雀在英国的数量持续下降，但它们仍广泛分布在欧亚大陆。在分布区的东部，它们取代了家麻雀，成为最主要的城镇鸟类。由于取食谷物和种子，过去它们曾被认为是一种严重的害鸟，这种观念催生出漫长的人鸟关系中最不同寻常的一段插曲。

20世纪50年代末，在中国的“大跃进”运动中，麻雀受到与人类争夺粮食的指控，因此成为国民公敌。老百姓被发动起来敲锣打鼓，吹哨子放鞭炮，惊吓麻雀，防止它们落地喘息。上百万人参与了这一行

动，据说有数千万的麻雀因此精疲力竭而死。

之后麻烦就来了。因为杀死了太多的麻雀，中国人从乡村和城市的生态系统中移除了一个关键的物种。麻雀不仅吃种子，它们也捕食无脊椎动物。结果，昆虫—尤其是蝗虫—的数量大爆发，导致庄稼遭受巨大的破坏。这一切进而造成了1959年到1961年的大灾荒。这个惨痛的教训告诫人们，随意干预自然界会造成多么大的灾难。

黄嘴朱顶雀

黄嘴朱顶雀又被称作“山区的赤胸朱顶雀”，在苏格兰还有“石南中的赤胸朱顶雀”的称谓。它们的确是近亲赤胸朱顶雀在高地上的对应鸟种。与赤胸朱顶雀相似，它们也身材娇小，羽色淡棕。你能通过沙色羽毛上点缀的深棕色纵纹、短小的黄色喙和飞行时露出的粉红色腰部辨认出黄嘴朱顶雀。

黄嘴朱顶雀冬季南迁到盐沼和沙滩上觅食，尤其是在英国东部和北部海滨，在那里人们可以通过响亮的“twa-it”叫声从大群的雀类中将其分辨出来，它们的英文名（twite）也正是由此而来。

如果想在不列颠群岛的夏季见到它们，你需要去风景最宜人的一些地方：苏格兰的西部群岛、英格兰北部的高沼地，或是爱尔兰的西海岸。黄嘴朱顶雀是属于石南荒野和传统耕地的鸟类，它们将巢筑在一丛丛松软的石南里，以农田作物周围的杂草种子为食。并非所有的高沼地都适合筑巢，小块农田与粗糙的高地灌丛相间的区域才是它们的最爱。这也就解释了为何随着此类栖息地的消失，黄嘴朱顶雀正在迅速减少。

失去黄嘴朱顶雀，也就意味着英国失去了唯一的西藏鸟类区系代表。它们演化自亚洲中部的山区，在英国北部和斯堪的纳维亚繁殖的小种群与亚洲大陆西南部最近的同类之间的距离也超过了2 500千米。

苍鹰

针叶林深处传出了响亮的短鸣，英国最罕见也最为特别的猛禽——苍鹰就这样暴露了踪迹。在附近森林里的观景台等上一会儿，如果你足够幸运，你会看到这只猛禽贴着树冠飞行，就像一只鲨鱼在珊瑚礁之间游弋。

长久以来，苍鹰在英国大地上的分布情况一直笼罩在迷雾之中。1976年，莱斯利·布朗出版了权威著作《英国猛禽》，他认为，对于一种只是据传在这里偶有繁殖的种类，没有必要长篇大论地介绍。而如今苍鹰已在很多森林中扎根，其中包括格洛斯特郡的迪安森林及诺森伯兰郡的基尔德森林。不过，即便我们对它们的了解增多了，这种阴郁的猛禽还是保持了一种神秘感。

比起分布广泛的亲戚雀鹰，苍鹰体型更大，也更为强壮。它的英文名（goshawk）来自“雁鹰”（goose-hawk），也许是源于中世纪驯鹰人训练它们追猎雁类的典故。野生的苍鹰其实更偏好斑尾林鸽、野兔和松鼠。

雌性苍鹰像个壮汉，体重达1.5千克，身材和欧亚鵟差不多，比它那瘦小的配偶要重得多，也壮实得多。两性体型的这种差异与雀鹰类似，它可以让一对苍鹰适应更为广泛的食谱。它们的外形也和雀鹰相似，背部为灰色，胸腹部为浅色，细密的深色横纹遍布胸腹。它们凌厉的黄色眼睛上方有一道宽阔的白色眉纹。苍鹰飞行时，你可以通过相对较大的体型、胸部的横纹及更为凸出的翼尖来识别它们。

截至目前，观察苍鹰的最佳时节是早春，此时它们会在自己的林地领域上空高高地盘旋。如果兼具耐心和运气，你还有可能见证苍鹰惊人的炫耀飞行，这时它们会收拢翅膀，陡然下坠，然后又突然张开双翼，向上急转。

苍鹰在很多类型的森林里都能繁殖，但它们最爱针叶林，会在其中用树枝搭建起巨大的鸟巢。在繁殖季里，苍鹰变得十分隐秘，它们也必须如此，原因是少数担心自己猎禽安全的猎场看守仍会非法射杀苍鹰，一小撮顽固的鸟卵收集者也对它们虎视眈眈。

历史上也正是同样的迫害导致苍鹰在维多利亚时代末期从英国消失，今天在这里繁殖的个体大多是被圈养后又放归野外的苍鹰的后代，在整个20世纪里，这样的放归进行了多次。无论它们从何而来，注视一只苍鹰在林间空地上翱翔，总是一段激动人心的经历。

侏海雀

深秋的大风在我们的海岸肆掠时，只有神经最坚韧的人才会到海边去观鸟，以期见到那些在大洋上栖息的鸟儿经过英国海滨。

小群的崖海鸦、刀嘴海雀和北极海鹦混迹在鸥与鲣鸟之中，它们高速扇动着翅膀，贴着海面低飞。这些鸟与大型海鸟相比已经够小了，但它们之中还有一群更小的黑白分明的鸟儿。这种鸟体型实在太小，看上去很难在如此严酷的环境下存活。这就是侏海雀，其身长仅有18厘米（甚至比紫翅椋鸟还要小），它们也是所有英国常见海鸟中体型最小的一员。

当侏海雀从位于北极高纬度地区的繁殖地南迁时，它们通常会远离陆地。但有时海上的风暴会迫使它们靠近岸边，那时候人们就能看到大群侏海雀。当它们经过诸如约克郡法利布里格和弗兰伯乐角之类的东海岸观鸟点时，人们偶尔能统计出成千上万的集群侏海雀。不幸遇到大风和浓雾的鸟儿有时会飞入内陆，挣扎着落到田野中。有些侏海雀甚至会混入紫翅椋鸟群，被后者带得晕头转向。

侏海雀是世界上数量最多的海鸟之一，约有1 200万对侏海雀在北极高纬度地区的崖壁和山地繁殖。它们的分布区从加拿大开始，经过格陵兰，向东一直延伸到斯瓦尔巴群岛及俄罗斯。黑压压的海雀群结束海上捕鱼之旅，将食物带回拥挤的繁殖地时，那景象令人眼花缭乱。它们将捕到的食物带回来，喂养那些藏在崖缝和洞穴里的幼鸟。

在格陵兰，人们用长柄鸟网捕捉侏海雀，并把它们做成一种名叫“基围亚”（Kiviaq）的传统食物。准备这道菜时，人们会将几百只侏海雀塞入一只海豹皮里，再用海豹脂肪将其密封好，然后任其自然发酵几个月。只有那些品味独特、胃口极好的人才敢品尝这款美食。

12月

大天鹅

田鸫

绿翅鸭

长尾鸭

赤膀鸭

西方秧鸡

疣鼻天鹅

黑雁

翘鼻麻鸭

岩雷鸟

三趾滨鹬

雪鹀

紫滨鹬

小朱顶雀

河乌

欧亚鸲

赤鸢

红腹滨鹬

紫翅椋鸟

欧歌鸫

扫码欣赏图片和鸟鸣

引子

12月短暂且昏暗的时日并非一直有益于观鸟。如果天气保持温和，并且有充足的食物，多数鸟类在这个月里乐于守在原地，抓紧不多的白昼时光觅食。

对于小型鸟类而言，由于它们的体表面积相对于体型来说较大，因此更容易损失热量。冬季成了一段真正的考验，所以我们人类提供的食物往往能决定它们的生死。北长尾山雀的家庭群鱼贯穿过我们的庭园，直奔油脂食球而来。煤山雀在鸟食台上来回奔走，啄取瓜子和花生，然后把这些食物带到它们的藏食处，以备不时之需。红额金翅雀以其明艳的羽色点亮了灰暗的冬日。傍晚时分，街灯初上，欧乌鸫在灌木丛中吵闹着，直到进入夜宿地才安静下来。

果园里，被风吹落的苹果引来田鸫的喋喋不休。树枝间球状的芥末黄色槲寄生就像是一蓬蓬搁浅了的海草。其间，你可能会见到一只保持戒备的槲鸫，它发出嘎嘎的叫声，警告任何企图偷走它宝贵的槲寄生浆果的家伙。这一防御手段对于大多数鸟类都有效，但狡猾的黑顶林莺往往能悄悄潜入，夺取那营养丰富的果实。如今越冬的黑顶林莺在英国的许多地方都很常见，它们是在秋季从中欧地区迁来的。这些鸟儿很喜欢槲寄生的浆果，取食过后会在枝条上刮擦自己的喙，以去掉槲寄生黏性很强的种子。如此一来，黑顶林莺传播槲寄生种子的效率可能比鸫类还要高。

12月鸟类所组成的稳定状况会被糟糕天气的来临所打破，这种情况下，为了寻找食物，许多鸟类都被迫迁移。那时你就会见到成群的越冬鸫类从头顶奋力飞过，往往还有欧金鸻、凤头麦鸡和云雀与之相

伴。这些鸟儿都飞向英国南部和西部，前往更为暖和且觅食场所没有封冻的地方。如果邻近的欧洲大陆上出现持续的恶劣天气，那里的雁鸭类就会向西飞到我们相对温暖的水库、河口和泥沼来。

并非所有的鸟类都那么容易让步。不列颠群岛的大部分地区在圣诞节期间从来不保证会有降雪，但凯恩戈姆斯的山顶上一定会下雪。到了12月，当寒风在山顶巨石间呼啸，将积雪刮进深谷的时候，几乎所有在此繁殖的鸟类都下到低海拔地区去了。但岩雷鸟作为英国最为坚韧的鸟儿，依然在这荒凉的冬日栖息地中谋生，此时它们的羽毛已不再是棕色或地衣般的灰色，而几乎变为纯白。有些在山顶繁殖的雪鹀依靠啄食人们在滑雪场周围留下的食物，也幸存下来；但大多数雪鹀已经迁至海滨，加入了从斯堪的纳维亚和冰岛迁来的同类的队伍，在海滩上以种子为食。

尽管冬季的寒气愈发凛冽，可即便在圣诞节前夕也有着春天的迹象。在北部和西部湍急的溪流边，有一种富于变化且甜美的歌声穿透了激流的咆哮。隆冬时节，河乌沿着水流宣示领域。你能见到它们在溪流中的大石头上展示胸前的白色，并且不停地上下摆动，就像从盒子里自动弹出的玩偶。

河乌并不是唯一在冬日里歌唱的鸟儿。如果气候条件较为温和，大山雀也会在12月中旬就开始鸣唱，它们“tea-cher, tea-cher”的歌声带来了春天到来的希望。气温上升的话，欧歌鸫也会在隆冬歌唱。在一个暖和的12月末，它们会加入无处不在的欧亚鸲，一同为第一朵蜡一般的雪滴花的出现而歌。然而这只是春季要开始了的假象，更为严酷的冬季考验几乎不可避免地即将到来。

随着12月的消逝，当我们回首过去的一年时，一些景象就有了别样的意味。逐渐冻结的水面上，天鹅在发出哨音的赤颈鸭和发出笛音的绿翅鸭之间高声叫着。在少数几个著名的地点，黄昏降临时，大量的紫翅椋鸟在芦苇荡上空翻飞扭转，形成奇特的、如细胞质般的形状。昏暗的下午，赤鸢从四面八方聚集，在长满树林的山坡上空盘旋，它们将在此集群夜栖。

当鸟类的鸣唱式微，一年也快走到尽头的时候，最好的景致是一个浅色的、形如蛾子的身影从远处的草地上空飞过，它先是转来转去，随后贴着一道绿篱低飞。亲眼看见一只仓鸮在祖祖辈辈的猎场上狩猎，能让人忘却阴冷潮湿带来的所有不快。当仓鸮的身影亦被夜幕掩盖，你也该拖着沉重的脚步回家了。你嘎吱嘎吱地踩着因霜冻而变硬的落叶，准备庆祝又一个新年。

大天鹅

英国人对于在公园池塘或河中游弋的天鹅已经习以为常了。这些都是本地的疣鼻天鹅，它们的高贵气质有时会因糟糕的脾气而受损。此外，它们对在那些最肮脏的池塘或人工运河中繁衍也毫不在意，这对维持高雅的姿态并无帮助。那些迁来越冬的野性十足的天鹅则完全不同，冬日里出现的小天鹅和大天鹅只给我们带来优雅的印象。大天鹅体型更大，实际上它的体型和疣鼻天鹅不相上下，两者都称得上是英国最大的鸟类。

一群影影绰绰的大天鹅引颈高歌，降落在因霜冻而泛着蓝光的草地上，这是给冬日里英国北部的湖泊和水漫滩带来些许生机的令人珍视的景象。这些高雅的鸟儿从冰岛和斯堪的纳维亚的繁殖地飞来，在那里它们习惯的食物是水草、青草和牧草，这些植物现在要么完全被埋在雪下，要么被厚厚的冰层封冻。

所以它们向南迁徙，来到我们丰饶的乡间，这儿受温暖的墨西哥湾洋流影响而常年不冻，能够提供它们所需的牧草。少数大天鹅也会留在英国繁殖，大多数是在苏格兰北部，也有几对在北爱尔兰。

大天鹅以家庭为单位进行迁徙，灰色的幼鸟从它们纯白色的父母那里学习迁徙的线路，以及沿途最佳的觅食和栖息地点。它们能够飞得很高，1967年12月，北爱尔兰的雷达操作员记录下了一群飞至8 200米高空的天鹅—几乎可以肯定它们就是大天鹅—这个高度已经快赶上珠穆朗玛峰了。

英国最大的大天鹅越冬种群分布于苏格兰、北爱尔兰和英格兰北部，此外还有几千只大天鹅每个傍晚都聚集在东安格利亚的乌斯湿地，游客可以借助泛光灯的照明观赏它们晚间进食的样子。在这里，你能很容易地对比大天鹅和它们体型更小的近亲。大天鹅不仅明显大于小天鹅，脖颈也更长。

喙上的图案则是另一个识别特征：最容易记住的区别是大天鹅的喙主要为黄色，只在尖端有楔形的黑色，而小天鹅的喙在整体上以黑色为主，在基部才带有黄色。疣鼻天鹅的喙则是黑色和橘色的。

天鹅的美高雅而纯洁，几百年来一直激发着作家和作曲家的灵感。由于大天鹅是俄罗斯最大、最常见的天鹅，它最有可能是柴可夫斯基著名芭蕾舞曲《天鹅湖》中角色的原型。

田鸫

我们路边的绿篱突然之间就充满了生机，因为田鸫迁来了。这群冬日里出现的鸫类色彩斑斓，叽叽喳喳叫个不停。它们横行于不列颠群岛的各处，劫掠果园，挤满绿篱。

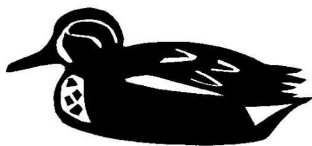
田鸫是我们体型最大的鸫之一，长得也是相貌堂堂。它们的头部为青灰色，背部为深栗色，尾是黑色的，浅黄色的腹部装点着箭形的深色花纹。它们那震颤的哨音和高频的尖叫，就是在提醒你有一群田鸫正从头顶飞过，通常它们会和体型稍小的近亲白眉歌鸫混在一起。

田鸫是我们最为常见的冬候鸟之一。它们可能大部分都来自斯堪的纳维亚，在那里有着松散分布的繁殖巢。田鸫绝不好惹，它们会合力攻击冠小嘴乌鸦之类的捕食者。进攻时，它们会纷纷朝着敌人喷射排泄物。这种火暴脾气在冬季也是一样。田鸫经常驱赶花园喂鸟器上的其他鸟类，天气恶劣的时候更是如此。在争抢食物的战斗中，它们甚至有过多次袭击乃至杀死同类的记录。

一座满是霜冻苹果的果园能吸引方圆几英里内的田鸫和其他鸫类。它们吵吵嚷嚷，蜂拥而来，狼吞虎咽。有时这样一个集群中鸟儿的数量能多达数千只。浆果则是田鸫在冬日里最爱的食物之一，但你也能见到它们成群结队地站在低矮的草坪上寻找蠕虫。

尽管食物充足的时候田鸫会逗留不前，但它们还是擅长游荡。如果天气变得太冷，它们通常就会继续向南和向西前进。它们并不固守同一块越冬地，因此今年冬天和我们相伴的那些田鸫，到了第二年冬天也许就远在几百千米之外了。

绿翅鸭



当你穿过一片沼泽地，尽量不把双脚弄湿时，你也许会突然被吓一跳。在你周围的沟渠或水道里藏着一群鸟儿，它们越来越躁动不安，直到某个瞬间，它们再也无法抑制内心的紧张。这些鸟几乎是垂直地跃入空中，一边高声鸣叫，一边快速向远方飞去，随后降落到湿地中另一块无人打扰的地方。

这就是绿翅鸭的典型行为，难怪这样一群小型野鸭又被叫作“弹簧”（spring）。它们的体重只有330克（还不到绿头鸭的三分之一），是我们最小的野鸭，也是长相最为出众的鸟儿之一。雄性绿翅鸭可以说是小而美的典范，它那栗色的头部带有翡翠般的深绿色贯眼纹，而这粗大的贯眼纹周围还镶着一圈细细的黄边。它的身体是灰色的，带着被称作“蠹状斑”（vermiculations，源自拉丁语“蠕虫”）的波浪般的鳞纹，翅膀下方有一条白色的条带，靠近尾部的两侧装点着乳黄色的亮斑，尾部下方则是纯黑色的。

雌性绿翅鸭就和大多数野鸭一样，外表朴素了很多，这让它可以逃过捕食者的视线而安全地孵卵。飞行时，雌雄两性都会露出翅上耀眼的翠绿色斑块，它被称作“翼镜”，这个名称源于拉丁语中的“镜子”，因为它能在阳光下闪耀。当雄性绿翅鸭在夏季逐渐褪去亮眼的羽毛时，观察翼镜是识别它们的有效方法。

在冬季，你会发现几乎所有水域里都有绿翅鸭，从开阔的河口三角洲到淡水沼泽，都能见到它们在浅水区游动的身影。随着春季临近，雄性绿翅鸭开始求偶炫耀，它们翘起尾部，露出引人注目的黄色斑块。与此同时，它们开始鸣叫，轻柔的哨声汇成尖亮的合唱，远远听上去仿佛是在敲打小巧的铃铛。雄鸭的这种叫声也许就是它们英文名（teal）的由来。英国的常见鸟种里面，只有绿翅鸭不同寻常地没有别称。

长尾鸭

苏格兰东部一处幽僻的海湾里，成群的野鸭在海浪间嬉戏。在黑白相间的欧绒鸭和炭黑色的海番鸭之中，有几只小巧且羽色暗淡的鸟儿，它们有着如鞭子般细长的尾，发出的鸣叫乐感十足。这就是长尾鸭，它们因为叫声而在苏格兰被称作“卡鲁”，以及更为形象的“炭黑和烛光”。

身披冬羽的雄性长尾鸭让人赏心悦目，黑色、棕色和白色相间，还有着修长的尾羽，也难怪这种鸟有时候会被人叫作“海雉鸡”。在繁殖季节，它们头部的白色会变深，深色的背部也会长出栗色的羽毛。雄鸭的喙终年都是黑中带粉，像是吃了草莓冰激凌而沾上了颜色。雌鸭自有一种沉静的魅力，似乎有意避开了雄鸭的绚丽羽色，这种低调实用的羽饰是它们孵卵期间的重要伪装。

长尾鸭的繁殖地位于北冰洋沿岸，从加拿大哈德孙湾南部开始，跨越格陵兰和冰岛，直至斯堪的纳维亚。秋季里，它们向海上迁徙，越冬地覆盖了北半球的广袤区域，西至美国太平洋沿岸，东到贝加尔湖地区。在英国，它们结成大群，在苏格兰和英格兰北部的海岸越冬，会潜入深达60米的海里捕食甲壳类动物。春季北飞之前，雄鸭常会对周围的雌鸭做出求偶表演，但至今它们还没显出留在英国繁殖的迹象。

长尾鸭可能是唯一出于“政治正确”的缘由而改名的鸟类。不久以前，它们在北美还被叫作“印第安老妇”（Old Squaw）。这个名称源自对雄鸭叫声的印象，这饶舌的声音让人联想到喋喋不休的老年妇女。但美国鱼类和野生动植物管理局的一群生物学家担心“印第安女人”（Squaw）这个词会冒犯美洲原住民，因此他们特地向美国鸟类学会提交申请，把这个鸟名改成了其他英语区使用的名字“长尾鸭”。

赤膀鸭

外表并不意味着一切。过去，当羽色平凡而朴素的赤膀鸭出现时，英国观鸟者总会激动无比。不久以前，在那些色彩艳丽的绿头鸭或琵嘴鸭群中看到和听到这种相貌平平的野鸭，绝对是冬季观鸟日的意外之喜。雄性赤膀鸭发出的粗粝声音可能不是太有吸引力，但一想到直到几十年前它们在英国还十分罕见，人们又乐于听到这种声音了。

在英国繁殖的赤膀鸭大多源自维多利亚时代在诺福克放归的个体。20世纪初，利文湖有了赤膀鸭在苏格兰的首次繁殖记录。这一对鸟儿有可能是当年放归个体的后代，也可能是从欧洲大陆自然迁徙而来的，毕竟赤膀鸭在大陆上比较常见且广泛分布。

冬季里，我们的1 600对左右的繁殖个体被淹没在从遥远北方或东方迁来的约25 000只赤膀鸭之中。跟其他野鸭一样，它们飞到英国，是因为这里即使在冬季也有温和的气候及充足的食物。

无论来自何方，赤膀鸭都是相当有吸引力的鸟类。雄鸭周身混合着灰色和棕色，每一片羽毛都有精细的蠹状斑。雌赤膀鸭的外形与雌性绿头鸭相似，但体型略小，它像雄鸭一样有着白色的翼镜，而绿头鸭的翼镜则是亮紫色的。

赤膀鸭尽管看起来与世无争，但却可以是狡猾的窃贼，科学家将它们的行为称作“偷窃寄生”。赤膀鸭喜欢食用水中的植物，但又不愿自己潜入湖水中收集它们。赤膀鸭会等骨顶鸡之类的鸟儿将它们自己接触不到的植物带出水面，然后再精准地从这些毫无戒心的受害者嘴里把植物抢夺过来。

西方秧鸡

许多耳熟能详的谚语的起源已经消失在历史的迷雾中，无法考证了，但是我们确切地知道“瘦如秧鸡”的来源，它所说的正是我们最神秘也最隐匿的鸟类之一——西方秧鸡。与亲戚长脚秧鸡（也被称作“陆秧鸡”[19]）一样，西方秧鸡有着纤瘦的身体，这能帮助它们在茂密的芦苇秆之间自由穿行，它们一生中的大部分时间都在芦苇荡里度过。

在冬季，来自欧洲大陆的西方秧鸡大大扩充了我们本土的种群数量，它们可能出现在任何地方。曾有一只迷途的秧鸡现身于伍斯特郡一所学校的食堂，人们拍下了它沿着窗帘盒潜行的照片，它也因此不可避免地被称作“窗帘秧鸡”。

通常情况下，表明西方秧鸡存在的唯一线索就是它们那种很有穿透力的奇特叫声，它常被比作痛苦的小猪发出的惨叫。这种令人难以忍受的叫声有时候被形容成“尖啸”，它往往意味着两只雄鸟正在对峙。

西方秧鸡生性隐秘，它们居住在散布于英国和爱尔兰的低海拔地区、长着浓密植被的沼泽。当它们迈着碎步沿着芦苇边缘疾走时，你就能发现它们其实比黑水鸡瘦小很多，背部有黑色和栗色的花纹，胸腹部灰中带蓝，两胁有明显的斑马似的条纹。

如果你在湿地里的沟渠边惊扰到一只西方秧鸡，当它挣扎着飞起时，你就能看到它尾下的羽毛形成一个浅色的三角形，或是看到它垂在身下的一双长腿。但西方秧鸡最醒目的特征还是那血红色的长喙，它用这只喙来捕捉昆虫、蛙类和鱼。

西方秧鸡的喙在其他方面也很惊人。平时羞涩的西方秧鸡在冬季里有时能用喙做出意想不到的举动。它们的沼泽栖息地封冻后，很多西方秧鸡为寻找替代的食物来源而四散开去。其中一些进入我们的花园，潜伏在喂食器附近的植被中，等待着无辜的小鸟落下来取食，然后它们会猛冲出来，用镐头一样的喙刺穿不幸的受害者。

疣鼻天鹅

疣鼻天鹅是英国体型最大也最重的繁殖鸟，没有人不认识这种庄严而宁静，能给看似暗淡的环境带来些许魅力的大鸟。别的鸟类很少会牵扯出如此之多的传说，当然其中的大多数都荒唐可笑。比如“天鹅能折断男人的胳膊”的错误论调就是酒馆里人们最爱的谈资；类似的信念还包括“英国所有的天鹅都归属女王”，它将这些高贵的鸟儿降为皇室宠物。

事实上，与其称天鹅会弄断你的胳膊，倒不如说它们折断自己翅膀的可能性更大；即便它们有时候表现出很强的攻击性，那也是人过于靠近它们所致。此外，尽管理论上王权确实保留了开放水域中所有无标记疣鼻天鹅的所有权，但实际上它们是不折不扣的英国野生鸟类。

另一种说法是疣鼻天鹅不会发声。事实上它们可以发出没有旋律感的鼻音和嘶嘶声，旅行作家保罗·索鲁还曾经把它们飞过头顶时扇动翅膀的声音比作吊床上男欢女爱的声响。

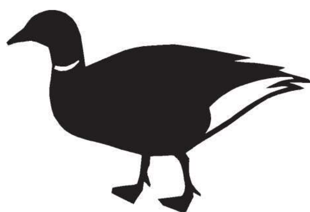
想要看到状态最好的疣鼻天鹅，就要去天鹅饲养场，多塞特郡的阿伯茨伯里就有一个。七百年前，那里的僧侣最早开始饲喂疣鼻天鹅，当时养天鹅主要是为了食用。现在人们看重的不再是天鹅的食用价值，而是它们的观赏价值了；天鹅群扇动翅膀从头顶飞过，绝对算是壮观的景象。

跟许多大型的雁鸭类一样，疣鼻天鹅身材丰硕，适于食用，因此15世纪后期专门通过了一部《天鹅法案》，规范对它们的管理，同时限制普通人获取这种充足而又易得的食物来源。

为确保天鹅种群能够被仔细监测，皇家天鹅官负责每年统计它们

的数量，该习俗一直延续至今，并且演变成了每年夏季都会在泰晤士河上举行的“天鹅计数”仪式。

黑雁



很少有鸟类能够阻止一座机场的修建，但黑雁就是为数不多的一种。20世纪70年代，埃塞克斯郡海边的福尔内斯地区沼泽地被定为伦敦第三座机场的建设地点。福尔内斯的字面意思不甚体面[20]，但它却是冬候鸟的天堂。这些候鸟当中就包括了罕见的黑雁，它们以一种名叫鳗草的植物为食。

保育工作者最终赢得了胜利，那块沼泽也被留给了鸟类。从那以后，黑雁的数量稳步上升，如今已有10万只以上的黑雁在英国过冬。但在过去十年间，它们的数量再次开始下降。

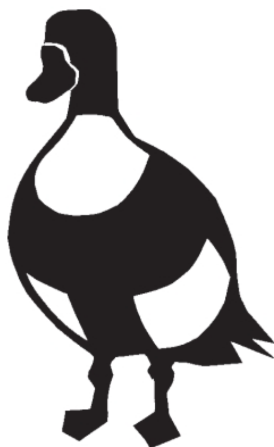
黑雁身形紧凑，是英国体型最小的雁，跟绿头鸭差不多大。它们是坚韧的鸟类，在北极苔原上繁殖，之后南迁到英国和爱尔兰海滨的咸水沼泽度过秋冬。它们最大的集群出现在英格兰南部和东安格利亚地区。

它们肃穆的外表很易辨认：头部和颈部为黑色，背部为灰色，颈部两侧还有一缕白色。在英国能见到黑雁的三个亚种，其中来自北美的叫作“黑色黑雁”（*Branta bernicla nigricans*，*nigricans*意为“黑色的”），是少见的访客。腹部颜色深的指名亚种（*Branta bernicla bernicla*）最为常见，它们在俄罗斯的北极地区繁殖，冬季来到英格兰东南部和威尔士南部的沿海滩涂。而腹部颜色浅的亚种（*Branta bernicla hrota*）在格陵兰与加拿大的北极地区繁殖，主要在爱尔兰，尤其是斯特兰福德湾附近的海滨越冬。

黑雁的两个亚种都喜欢鳗草那多汁的叶片，这种草也是少数在海水中生长的开花植物之一。鳗草被吃光后，黑雁就飞往农场、海边高尔夫球场或者运动场，用短粗的喙啃食草皮。尽管它们在遥远而荒凉的北极地区繁殖，但它们能容忍与人相处，常常聚集在人类建筑周边

吃草。随着夜幕降临，此起彼伏的雁鸣声响起，它们开始飞离觅食地，前往远离捕食者的沙丘和滩涂夜栖。

翘鼻麻鸭



翘鼻麻鸭既不是雁，也不算鸭，而是一种介于雁和鸭之间的鸟儿，也是外观最引人注意、最易识别的雁鸭类之一。当它们混迹于散布在河口滩涂上的大群鸻鹬类之中时，远远看去就是大个儿的黑白相间的鸟儿。事实上，它们的英文名（shelduck）中的“sheld”就源于古代形容黑白相间的一个词。上涨的潮水将它们赶到岸边时，你就能看清它们墨绿色的头部、环绕胸腹部的宽大的栗色条带，以及鲜红色的喙，雄鸟喙基部还有个明显的突起。雌鸟响亮的咯咯鸣叫，传遍了它们觅食的整个滩涂。

翘鼻麻鸭一生中的大部分时间都在泥滩或沙滩上度过，它们在泥沙中滤食螺类和其他小型海洋生物。它们主要栖息在海边，却会飞往内陆繁殖，寻找又可以觅食又适合筑巢的浅水区域。

尽管体型很大，但它们却在洞里面营巢。翘鼻麻鸭最喜欢利用废弃的野兔洞穴，也会在树洞、棚子、小屋甚至干草垛里繁殖。雏鸟孵出以后，父母就领着毛茸茸的小家伙们前往集中育雏的地点，几个不同的家庭会组成托儿所，多达100只或者更多的雏鸭会在几只成鸟的看护下进食。

跟喜爱群居的雏鸟一样，翘鼻麻鸭成鸟在夏末换羽时也聚集在一起。它们的传统换羽地在瓦登海，那是位于德国北海海岸的一块巨大

滩涂，每年有多达20万只翘鼻麻鸭聚在此地换上冬羽。最近几年，英国的一些翘鼻麻鸭也会选择留在家乡，在沃什湾、亨伯河口三角洲及萨默塞特郡的布里奇沃特湾等地换羽。

岩雷鸟

隆冬时节，凯恩戈姆高原最高处的气温已骤降到0摄氏度以下，暴虐的狂风可达每小时300千米的速度，当你在那里蹒跚而行时，几乎看不到生命存在的迹象。那里可能只有少数骨灰级的高山徒步者和山地滑雪者，但是还有一种鸟，它们不仅在这冰天雪地的高山上顽强生存着，而且堪称鸟丁兴旺，它们就是岩雷鸟。

如果要评选英国生命力最顽强的一种鸟儿，岩雷鸟一定会赢得易如反掌。除了它们之外，没有任何鸟类能在我们最为严苛的环境下度过一生。只有这种独一无二、光芒四射的鸟类才能应对如此的环境。

这些性格坚韧的小型松鸡是真正适应寒冷气候的专家，从加拿大到俄罗斯的整个北极地区都能发现它们的身影。在像斯瓦尔巴群岛这样的地方，它们能够忍受长达三个月的几乎完全黑暗的极夜，以及低至零下45摄氏度的酷寒。

岩雷鸟在英国只见于苏格兰高地。它们是英国唯一一种在冬季变成纯白色的鸟类，而放眼所有的英国动物，也仅有三种能做到这一点（另外两种分别是雪兔和白鼬）。

其他的山地鸟类都在秋冬季节向低海拔地区迁徙，而岩雷鸟则全年留在环境最严酷的地方，以石南和越橘为食。为了抵御严寒，它们的鼻孔、脚趾和脚底都长着羽毛，这样可以减少热量的流失。它们还能用强壮的爪子挖出掩埋在雪下的植物枝条和叶子，同时也可以挖掘雪洞以躲避大风。除黑色的尾部之外，它们全身几乎都是纯白的，这在躲避盘旋的金雕之类的捕食者时是最好的伪装。

岩雷鸟在夏季会褪去大部分的白色冬羽，变为棕色，这样它们就

能混入斑驳的植被背景。到了秋季，它们再次换羽，变成像觅食地的砾石一般的灰色。即便如此，你还是能通过咯咯的叫声找出它们，那是雄性岩雷鸟在吸引隐藏起来的雌鸟。

三趾滨鹬

冬天沿着被风吹拂的海岸漫步，最让人愉快的事就是观察三趾滨鹬了，它们轻快地在潮汐线上跑动，速度快到双腿都已成了一片模糊的光影。这些善于奔跑的小鸟是袖珍的鸻鹬类，体型比紫翅椋鸟还小，银灰色的背部以下是纯白色，肩部有一道深色纹路，两只黑眼睛又小又圆。

三趾滨鹬最吸引人的地方是它们那种急速的转弯。每当一波浪花退去，它们都紧随其后，疯狂地在沙滩上找寻食物，又在下一波浪潮涌上来前急急地躲开。

在冬季里，节约能量尤为重要，而三趾滨鹬这种迅疾的来回冲刺看起来是白费功夫，但其实它们自有策略。每一波破碎的浪花都给沙滩下的无脊椎动物送来了食物，它们会钻到地表来进食，三趾滨鹬在此时探索刚被冲刷过的沙石，从而提高了自己的捕食成功率。

三趾滨鹬看起来很是可爱，常被比作孩子的发条玩具，然而它们也是十分坚韧的小鸟。尽管它们的繁殖地遍布全球，但我们在冬季看到的个体通常都在西伯利亚位于北极圈边缘的苔原地带繁殖。

在繁殖地，三趾滨鹬不再身披泛白的冬羽，它们的背部、两翼、头部和前胸都变成了深茶色，其中夹杂着黑斑，仅在下腹部还留有一些白色。它们在近水的石滩上哺育后代，那里有丰富的昆虫，尤其是飞蝇和蛆虫。

夏末，当三趾滨鹬向南飞到英国海滨的时候，你偶尔也有机会见识它们捕捉飞蝇的行为。它们中的一些个体这时还带着繁殖羽的华美痕迹，之后才会完全换上幽灵般的冬装。

雪鹀

冬季迎着呼啸的寒风在荒芜的沙滩上艰难跋涉时，你如果足够幸运，就会惊起一阵“雪花”，或者用它们正式的名字来说是“雪鹀”。在地上时，这些小型的食籽鸟类看起来不过是又一群棕色小鸟。然而一旦飞入空中，它们就会绽放出夺目的雪白色。这些雪鹀一边在潮位线上飞舞，一边发出轻柔的鸣叫。

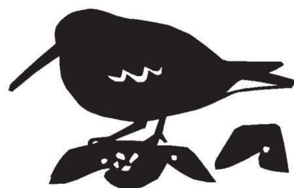
雪鹀主要是英国的冬季访客，常常与别的鹀类和雀类混成大群，来到我们北部和东部海滨的咸水沼泽或海滩。在更靠北的苏格兰高地上，它们也会在春夏时节出现。有不到100对这种坚韧的小鸟在那里繁殖。它们在凯恩戈姆高原那些高出海平面千米以上的冰渍坑和漂砾间筑巢。在这样恶劣的环境下研究过雪鹀的鸟类学家兼作家德斯蒙德·内瑟索尔—汤普森曾这样描述雪鹀：“或许是不列颠群岛上最浪漫也最特别的鸟类，当然也是世界上最顽强的小鸟。”

在苏格兰的高地上，雪鹀那甜美而又富于旋律感的歌声还会伴随着岩雷鸟的打嗝声以及驯鹿的咕噜声。这里的山巅已经是雪鹀最靠南的繁殖地。它们是真正意义上的北极鸟类，在阿拉斯加、西伯利亚和斯瓦尔巴群岛的北极地区繁殖。在大部分繁殖地，雪鹀都不在高山而在接近海平面的低处营巢；在冰岛的雷克雅未克机场，走下飞机后，你甚至立刻就能听到雪鹀正在停车场里鸣唱。

在繁殖季，雄鸟身着白羽，但翼尖却是形成鲜明对比的黑色。到了秋冬季节，它们脱下了这身斑驳的制服，羽色变得更加偏近棕色，也更像雌鸟了。有些雪鹀会留在凯恩戈姆过冬，它们盘踞在滑雪场索道最上方的餐厅周围，从过路的滑雪者、徒步客和登山家那里获取一

些面包碎屑，以补充日常的草籽主食。

紫滨鹬



有些鸟比较外向，它们要么用鲜艳的羽色，要么用响亮的叫声吸引我们的注意。另一些鸟则更为羞涩，它们只愿意面对自己。除了带有色彩的名字以外，紫滨鹬显然属于后者。

紫滨鹬以海陆之间的交界地带为家，在这里，海浪在覆盖着海草的礁石上碎成点点浪花。它们的名字远比外貌更具有异国情调：名字所指的是它们胸部和背部的羽毛带有紫色光泽，但只有当它们身着繁殖羽并且光线良好时，你才能看出这一点来。紫滨鹬几乎毫无例外地只在秋冬季节到访英国，因此它们通常留给人的印象就是一种相当朴素的灰棕色短腿鸻鹬。

你在越冬地见到的紫滨鹬羽色暗淡，自有一番道理，这种羽色可以帮助它们在灰暗又光滑的礁石上获得很好的伪装。它们很容易被忽略，因为它们总是安安静静又不动声色，直到人走得很近时才会突然飞离。观察紫滨鹬的最好方法，是扫视那些更加鲜艳也更为活泼的翻石鹬集群，它们通常会混在里面。

当你终于能仔细观察一只紫滨鹬时，那些精细的特征就突显出来，比如喙有着黄色的基部，眼睛附近也有白色痕迹。它们还有浅色的腹部和黄色的腿。

如你所料，作为一种在礁石上觅食的鸻鹬类，紫滨鹬在英国东南部并不常见，不过它们会在那里的海港墙与防浪堤周围觅食。迁徙途中它们还会很罕见地现身内陆，但并不会长久停留。

冬季出现在英国的紫滨鹬来自更远的北方，它们是从斯堪的纳维亚甚至加拿大飞来的。不过这种小巧而低调的鸻鹬也是英国最为稀少的繁殖鸟类之一。1978年以来，每年都有一个非常小的繁殖种群在海拔千米以上的、人迹罕至的苏格兰山地营巢，数量通常在1对到5对之

间。

小朱顶雀

一个冬日的下午，一条小溪在缓缓流动，两岸光秃秃的桤木上挂满易碎的球果。一小群鸟儿正在最高处的树枝上勤奋地觅食，像玩杂耍的小鹦鹉般在纤细的树枝间翻腾跳跃。受到惊吓时，它们会立刻结成紧密的集群飞离，同时发出叮叮当当的鸣叫，像是一堆硬币在相互碰撞。这就是英国最小的雀鸟—小朱顶雀。

过去小朱顶雀曾被称作“红头的赤胸朱顶雀”，它们看起来很像是体型更大，分布也更广的近亲。但它们在体型和体态上也很像黄雀，这两种鸟常常结伴在河边的桤木上觅食。

仔细观察这些在树冠层活动的鸟儿，会让你脖子酸痛，但也非常值得。它们的身体主要呈带有斑点的棕色，喉部有一块精细的黑色斑块，深红色的前额即是其名字的由来。雄鸟的胸部常常染有淡粉红色，这为它们增添了魅力。小朱顶雀是轻快活泼的小鸟，有时候会任由你靠得很近，然后又毫无缘由地突然全体起飞，前往别处觅食。

整个北半球分布着多种朱顶雀，它们到底可以划分为几种，一直是鸟类学家们的难题。出现在英国以及从英吉利海峡法国沿岸直到挪威的这条狭长区域内的鸟儿，在所有朱顶雀中体型最小，色彩也最偏近棕色。现在它们被称为小朱顶雀，以便跟名字更加让人迷惑的白腰朱顶雀[21]相区分；后者在英国只是冬季罕见的访客，体型略大，羽

色更浅。

再往北，林线边缘的苔原上还有体型更大、羽色全白的极北朱顶雀顶着冰雪顽强地生存。这些坚韧的小鸟偶尔也会出现在英国，通常会和小朱顶雀、白腰朱顶雀混群。

少量的小朱顶雀就在英国繁殖，主要是在威尔士、苏格兰边境地区、东安格利亚地区和肯特郡。它们偏好桦树林和年轻的针叶林，尤其是高沼地和荒野边缘的植被。

20世纪60年代，小朱顶雀在英国一度有过种群爆发，尤其是在英格兰南部，它们经常在郊区的花园里表演炫耀飞行。但在那以后它们的数量就下降了，这或许是因为我们森林中桦树的比例下降了，而且针叶林也渐渐被阔叶林取代—这样的变化对大多数鸟类都有益，但是看起来对小朱顶雀却并非如此。

河乌

12月一个寒冷的日子里，几乎没有什么鸟儿鸣唱了，这时河乌那舒缓而嘹亮的歌声总是让人愉悦。对于这样一种小型鸟类来说，它们的声音之响亮远远超出你的预期；然而这又是必要的，因为河乌终身生活在奔腾的河水边，它们的鸣声只有足够响亮才能被听到。

河乌在冬季歌唱是因为它们很早便开始繁殖了，雄鸟在新年到来之前就开始宣示它所占据的河段。雄鸟站在水珠四溅的岩石或树根上，唱出自己的歌，它的音量和激情仿佛出自一只注射了类固醇的鷦鷯—这是一种奇特的巧合，因为河乌的外形也跟鷦鷯很像。

河乌在岩石上跳上跳下时，从背后看去，它那棕黑色的羽毛和粗短且翘起的尾确实会让人联想到一只巨型的鷦鷯。但当它转过身来，那醒目的白色前胸和栗色的下腹，又明白无误地表明了它的身份。

在我们这片群岛上，没有任何其他的雀形目鸟类能像河乌这样适应水生生活。它们在水流湍急、富含氧气的溪流和河道边繁殖，主要见于英国的北部和西部。在那里，你能见到河乌立在水流中央的岩石上，肥胖的身躯神经质地上下摆动，就像装了铰链一般。同时，你肯定能听到它们尖锐的、带有金属质感的叫声，那是一种高频的声音，与它们的鸣唱一样，即便在哗哗的流水声中也能轻易听到。

河乌以水生无脊椎动物为食，会迎着水流而上并潜水觅食，这对一只比麻雀大不了多少，浮力还很好的鸟儿来说无疑是一件壮举。河乌划动两翼让自己潜入河床底部，以爪子用力抓着石头在河底行走，以此来搜寻昆虫的幼虫和河虾。需要上浮的时候，它们就松开爪子，借助浮力回到水面。春季里捕获的猎物被它们带回巢中，喂养饥肠辘

辘的后代，这些雏鸟紧紧挤在桥洞下或树根间足球般大小的鸟巢里面。

欧亚鸲

“欧亚鸲站在光秃秃的大树枝上，天哪，歌声竟如此曼妙！”诗人W. H.戴维斯是赞美欧亚鸲冬之歌的许多作家中的一位。但在这个季节，欧亚鸲的真实数量要远远少于印着它们图像的圣诞贺卡。

这种整洁的小鸟又常常被称作“红胸脯”，它或许是英国最为人所熟知的鸟儿，在我们的民间传说中也反复出现。被麻雀的箭头所射杀的是雄性欧亚鸲，而林间无助的人据说也会被欧亚鸲用树叶掩盖。但在节庆之时，我们名义上的国鸟才真正占据了舞台的中央。

圣诞贺卡于1860年左右兴起，衔着信函或叼着门环的欧亚鸲形象从一开始就是卡片上的主角。它们经常被视作小邮递员，因为直到那时邮递员还穿着红色的制服，并且有着“红胸脯”或者“罗宾斯”（robins）的外号。由此，这种冬日里常见的小鸟就与传递圣诞祝福的人不可抗拒地联系了起来。

甚至当邮递员的制服变成了海军蓝，只带点红色的装饰时，我们依然将欧亚鸲和圣诞节联系在一起。这或许是因为它们出了名地温驯，在寒冬里常常会来到我们门前的台阶上觅食。出于这样的原因以及它们可人的外表，我们总是将欧亚鸲选作英国最受欢迎的鸟类，尽管坦白地讲，它们也有十分暴力的行为。

欧亚鸲看上去可爱，却特别好斗，它们精力十足地守卫领域，毫不留情地用翅膀和爪子攻击任何的入侵者。有时它们甚至会打斗至死，可我们还是故意忽略了这些事实，只偏爱那些更为积极、温馨的画面。

我们喜爱欧亚鸲的另一个原因是其美妙的歌声，尤其是它们不同寻常的全年歌唱的习性。和所有的鸣禽一样，当春季来临，雄鸟需要吸引配偶、排斥同性的时候，欧亚鸲会鸣唱。但它们在秋冬季节也会歌唱，那是对渐渐缩短的白昼、日益聚集的迷雾以及正在成熟的果实的礼赞。

欧亚鸲的秋日之歌带着一种别样的气质，空灵缥缈又引人遐思。那声音以一串响亮的音符开启，泛着点点涟漪，之后渐渐变低，仿佛化成一缕青烟，消散在雾蒙蒙的空气中。此时，我们情不自禁地将自身的感受归咎于这一纯粹的生物学过程。尽管这歌声就像此刻的天气一样让人感到忧伤，但对鸟儿本身来说，它只有一个简单的目的，那就是在换羽之后继续捍卫雄鸟和雌鸟建立的领域。在英国的鸟类当中，这是不同寻常的行为，因为我们的大部分鸣禽在繁殖季结束之后都不再守卫领域，而且只有欧亚鸲的雌鸟才会参与到鸣唱中来。

在1943年出版的经典论著《欧亚鸲的生活》当中，鸟类学家戴维·拉克曾描述说，“英格兰的所有林地、公园和灌木篱墙都被划分成了一系列小块的区域”，每一块都代表着一只欧亚鸲的领域。可能这就是人们如此喜欢欧亚鸲的另一个原因：它让我们联想到了自己。

赤鸢

冬季寒冷的黄昏，夜幕即将降临，深色的幽灵在树林上方盘旋，在越聚越浓的黑暗中发出尖叫，这是赤鸢要回到夜栖地了。这些优雅、修长的鸟类毫不费力地飘在空中，它们的两翼朝着逐渐褪色的落日倾斜，闪出红褐色和金色的光泽，不久后就极速下落到视野之外了。

不久以前，要想看到这样的景象，你需要前往威尔士中部那些覆盖着森林的偏远山谷，这种优雅猛禽中的最后几对就坚守在那里。连续几个世纪以来，赤鸢一直被当作害鸟清除，人们悬赏捕杀这种鸟类，后来猎场管理员和偷蛋者又进一步加速了对它们的清洗。结果，作为繁殖鸟类，赤鸢从英国消失了。20世纪的头几十年里，赤鸢的数量可能已经下降到仅有四只，其中仅一只是具有繁殖能力的雌鸟。它们在不列颠群岛上的前途一度十分暗淡。

感谢当地社区和保育工作者的通力合作，人们守护了仅剩的赤鸢巢，赤鸢无论如何都避免了白尾海雕和鹗的厄运，后两种猛禽被人为地在英国赶尽杀绝了。到了20世纪下半叶，赤鸢的数量逐渐回升，但它们的栖息地仍然局限在威尔士林区的一小片区域，这只是它们以往分布范围的极小一部分。

为了加快它们恢复的进程，到了20世纪80年代后期，人们做出了一项大胆而有远见的决定：要在英格兰和苏格兰的部分适宜栖息地重新引入赤鸢，首先就从伦敦西北部的奇尔特恩丘陵开始。然而这样的计划也不缺反对者，一些保护界人士认为这在某种程度上是“干涉自然”。

随着再引入计划的进行，来自瑞典和西班牙的赤鸢幼鸟被引到英国，事实很快证明质疑者是多虑了，赤鸢数量增长很快，并且迅速扩

展了分布范围。从第一只赤鸢被放归野外算起，至今才过去四分之一个世纪，它们就已经在英国许多地区成功地定居，接下来东米德兰兹、英格兰的东北部、苏格兰和北爱尔兰会实施进一步的再引入计划。最有名的再引入区域还是奇尔特恩丘陵，它位于连接伦敦和牛津的M40高速公路的北侧，现在那里有多达上百只的赤鸢集群在天空中翱翔，已然成为当地的常见景观。

令人感到讽刺的是，现在赤鸢的分布已经相当广泛了，而对有些人来说它们却失去了往常的吸引力。我们似乎只会偏爱那些罕见的鸟类；一旦某种鸟再次变得常见，不知怎么回事，人们就不再认为它特别了。

然而，赤鸢曾经也是人们非常熟悉的鸟类：都铎王朝时期，它们在城镇里食用各种垃圾，从排水沟和街道上抢夺各种哪怕跟能吃只沾点儿边的东西。甚至不能吃的东西也一样：赤鸢有着偷窃衣物和内衣来装点鸟巢的名声。因此，莎士比亚在《冬天的故事》里警告道：“当赤鸢开始筑巢，一定要看紧内衣……”近年来，赤鸢似乎拓展了它们偷窃的范围，泰迪熊、古怪的鞋子，乃至玩具长颈鹿都出现在巢中，陪伴雏鸟成长。

赤鸢的公众形象一直都在改变—从街道清洁工到头号公敌，原因只是它们长着锋利的爪和钩子一样的喙。一旦它们的数量下降，它们就会变成偷蛋者的目标，之后又变成招揽游客的噱头，最后成为保护行动取得胜利的象征。将来，随着赤鸢数量的增多，它们又会渐渐被轻视，那种保护方面的胜利或许会再次踩上公众意见的钢丝绳。

但当我们在冬季的傍晚，驻足凝视几十只甚至上百只在森林上空盘旋的赤鸢时，我们不应忘记自己差点永远失去它们，也应该感谢所有具有远见卓识并付出艰苦的努力才将赤鸢拯救回来的人。

红腹滨鹬

在隆冬时节眺望河口滩涂，似乎什么也看不到，很难想象有多少生命聚集在那里。但这些看上去荒凉而广阔的泥滩却是数十万只鸻鹬的生命线。在短暂的黄金时刻，或者说低潮位出现前后，它们会散布在整个泥滩上觅食，在潮水再一次上涨之前，尽一切可能疯狂地啄食贝类、蠕虫和虾蟹。

潮水涨起来时，你就能发现鸟儿开始在远处聚集。起初仅有几十只，之后是上百只，接下来有成千上万只红腹滨鹬挤在一起。随着潮水的上涨，越来越多的鸟儿飞离正在被淹没的泥滩，跃入空中。

渐渐地，潮水涌了上来，聚集在空中的鸟群中的鸟儿已经数不胜数，它们紧密抱团，在空中飞舞，每一只都尽力避免掉队，以免成为过路的灰背隼或猎隼的美餐。远远看去，巨大的鸟群像是空中的一团烟雾，那些鸟儿有规律地闪现深灰和浅灰的色泽，让人不禁想知道，在如此令人惊叹的空中表演里，它们是如何避免相互碰撞的呢？

海水最终淹没了最后的一点泥滩，红腹滨鹬直直地飞向海岸线，在沙滩或砾石滩上以密集的队形落下。它们彼此之间紧紧挨着，以至于没有任何一寸地面能露出来。

它们来到陆地时会发出阵阵低沉的单音节叫声，听起来像是“knut”，这也是其英文名字（knot）的由来。红腹滨鹬的学名是*Calidris canutus*，据说源自11世纪的英国国王卡努特。他著名的事迹是曾经充满期待地命令潮水停止上涨，但他的王权并不足以抗拒涨潮。另一种说法则与美食有关：卡努特国王认为用面包和牛奶催肥的红腹滨鹬是人间美味。

红腹滨鹬的身长与欧乌鸫相仿，但更加壮硕，体重也更重。在冬季，它们就是一种让人感到乏味的鸻鹬类，短腿短喙，灰背白腹，没

有什么值得大书特书。但到了春夏，它们摇身一变，有了细节丰富的栗色羽毛，红腹滨鹬的英文正式名red knot也因此而来。但在英国，这种靓丽的羽毛只会出现在晚春时节的逗留者或途经这里的过客身上，它们最终要到北极的高纬度地区繁殖。

据估计，红腹滨鹬的全球数量超过100万只，它们遍布于全球七大洲里面六个大洲的海岸地区，是一种了不起的环球旅行家。但看起来丰富的数量可能是一种误导：几乎所有的红腹滨鹬都只在北极圈内繁殖，那里最容易受到气候变化的影响。脆弱的极地生态系统已经开始迅速地改变，一旦苔原环境不再适合红腹滨鹬，它们的全球数量就会直线下降，使其成为全球变暖的第一批殉葬者之一。

紫翅椋鸟

在并不久远的过去，一个非常奇特的现象会在冬季的傍晚发生，它出现在我们的城市、村镇和乡间。那是紫翅椋鸟的聚会，这种被称作“低语”（murmurations）的椋鸟群出现在一切寻常之处——从维多利亚时代的火车站到市政广场，从郊外的树林到海边的防浪堤。

它们在渐浓的夜色中聚到一起，推推搡搡地寻找着最好的夜栖点，像饶舌的老奶奶一样说个不停，直到完全沉入梦乡。密密匝匝的鸟群在某些城镇的夜栖地上空盘旋飞舞，所发出的巨大响声甚至淹没了下面街道上车辆的轰鸣。

但是到了20世纪的最后几十年，椋鸟群的规模渐渐缩小，直至彻底消失。由于会带来大量的排泄物，许多城市里的夜栖地一直被人为干扰着，再加上整个欧洲紫翅椋鸟数量的急剧下降，如今仅有几处冬季夜栖地保留了下来。不过，这些仅剩的夜栖地依然是所有自然景观中最让人期待的部分之一。

这看起来有些怪异，因为紫翅椋鸟通常确实并不算我们所喜欢的鸟类。它们的外貌也许有些魅力，油光锃亮的羽毛在夏季闪着绿色和紫色的光泽，在冬季则多了白色的点缀。但它们常常成为喂食器上的恶霸，成群结队、毫无顾忌地把别的小鸟推出去，仿佛六年级的学生在校园操场上宣示权威。不过，正如我们对于卑微的家麻雀也给予尊重一样，随着椋鸟数量的急剧减少，那些越来越少的夜栖地给它们笼

罩了一层特殊的光环，而这正是紫翅椋鸟之前所缺少的。

事实上，这些椋鸟中的大部分都不是来自英国，它们是从远至俄罗斯的地方飞来越冬的。这些从东方来的移民补充了我们日益减少的本地种群。过去的几十年里，本土紫翅椋鸟的数量已经下降了70%，尽管原因还没完全搞清，但可以肯定其中包括了可供椋鸟觅食的牧场的减少。得益于外来的移民，冬季里的椋鸟群才能在每年夜晚最长的时节，继续成为让我们惊叹的景观。

紫翅椋鸟为什么会聚集成这么庞大的鸟群，这一问题十分复杂。表面上看，这是一个躲避捕食者的好方法，毫无疑问，一只落单的椋鸟很容易成为过路的游隼或雀鹰的猎物，而由数千只椋鸟组成的不断扭转翻折的鸟群，会让捕食者很难选出一只鸟进行攻击。椋鸟停栖时聚在一起—尤其是在芦苇荡之中—还能防御狐狸之类的地面捕食者，同时也能帮助它们抵御冬夜的寒冷。

但这些理由并不能解释为什么数量如此多的鸟要聚集在同一个地方，有些鸟会为了这样的聚集从30千米以外飞来，而它们本可以在各自的觅食地组成较小的群体夜栖。有一种理论认为，通过这样的群聚方式，那些较弱的个体可以跟较强的待在一起，到了第二天早上离开夜栖地时，前者就能跟随后者前往质量更好的觅食地。

无论这样非同寻常的鸟群因何而生，它们确实吸引着越来越多的人从不同的地方长途跋涉赶来观赏。著名的观赏地点包括萨默塞特湿地，那里有着全英国最大的椋鸟群，从每年11月到次年3月，会有超过100万只椋鸟在此聚集。布赖顿海岸以及位于威尔士西部阿伯里斯特威斯的防浪堤也吸引了大量观鸟者和好奇的过路人。

这些椋鸟观光客是一种现代产物，他们每天都会和鸟儿一样如期而至，观看鸟群在空中的表演，直至鸟儿最后前往夜栖地。如果幸运的话，人们还能看到巨大的鸟群在空中变幻，一会儿像热气球，一会儿像巨型的阿米巴虫。

这种表演可以一直持续到最后一缕阳光消失，到那时，鸟群仿佛收到了某种看不见的信号，突然像沙漏中的流沙般全体落下，消失在人们的视野之外。当所有的椋鸟都降落之后，它们的鸣叫才开始，那是一阵低沉的窃窃私语，会随着夜幕的降临慢慢地安静下来。

欧歌鸫

我倚在以树丛作篱的门边，

寒霜像幽灵般发灰，

冬的沉渣使那白日之眼

在苍白中更添憔悴。

……

突然间，头顶上有个声音

在细枝萧瑟间升起，

一曲黄昏之歌满腔热情

唱出了无限欣喜。[22]

这是托马斯·哈代的诗歌《黑暗中的鸫》，他在诗中描绘了纷乱的19世纪的最后几个小时，也写出了将要到来的新世纪的种种不确定。借助象征的手法，他期待在一年中最灰暗的时刻也有鸟儿的歌声带来希望。

那么哈代听到的是哪一种鸫的歌声呢？传统的解读认为“黑暗中的鸫”就是槲鸫，这是英国最大的鸫类，它常常顶着冬日的寒风在树顶歌唱，因而得到了“暴风公鸡”的名号。但哈代在诗中把这种特别的鸟描绘成“这是一只鸫鸟，瘦弱、老衰”，这些形容词通常不会用在硕大而强壮的槲鸫身上。

欧歌鸫确实体型更小，但是它们在冬季鸣唱的频率如何呢？1991年到2001年间，鸟类学家戴维·斯诺坚持在他位于白金汉郡的家乡记录欧歌鸫的鸣唱。对这种鸟的调查并不容易，他想知道有多少鸟在冬季还守卫着领域，而这种领域与春季的繁殖点又有怎样的相关性。

他的研究表明，有一些欧歌鸫确实在冬季歌唱，它们的鸣唱从10月末持续到第二年春天，但是鸣唱的鸟儿的数量与气温相关，且每年都在波动。在严苛的寒冬，它们就安静下来。英国的其他地区也可能会出现这种情况，不过无论你住在哪里，能在寒冬之中听到欧歌鸫的歌声，总是令人愉悦。

1845年4月，即哈代诗歌出现的半个多世纪前，另一位诗人罗伯特·勃朗宁在《海外乡思》里也写到了欧歌鸫：

聪明的鸫鸟在那儿唱，把每支歌都唱两遍，

为了免得你猜想：它不可能重新捕捉

第一遍即兴唱出的美妙欢乐！[23]

勃朗宁完美地捕捉到这种鸟的歌声的独特之处，尤其是它将每一个乐句都重复两到三遍才会吟唱下一句的习性。尽管有这种重复，但它的歌声毫不单调；欧歌鸫的雄鸟可以鸣唱上百种不同的乐句，这让它能持续不停地吟唱下去。这也意味着在一个繁殖季里，它总共能唱出100万句以上的乐句。

1月

灰林鸮

渡鸦

喜鹊

红交嘴雀

槲鸫

大山雀

红领绿鹦鹉

灰斑鸠

小天鹅

大白鹭

灰雁

黑颈□□

彩鹮

鸳鸯

小白额雁

骨顶鸡

黑水鸡

灰背隼

琵嘴鸭

青山雀

灰鹡鸰

白尾鹞

普通潜鸟

扫码欣赏图片和鸟鸣

引子

一年已经过去，尽管手套、围巾和防水外套仍必不可少，但在变长的白昼中已经潜伏了一丝春天的气息：你只需聆听日渐增多的鸟鸣，并在绿篱中和路边寻找野海芋开始舒展的叶子。如果天气暖和，大山雀、欧歌鸫、欧亚鸲、鹪鹩和林岩鹨就会开始试音，你可能还有机会听到欧乌鸫早早献上的一首歌。槲鸫甚至都不用气温的鼓励，你总能听见它从树顶唱出的狂野之歌，1月的大风将这歌声吹向高空。

对于这些鸟儿来说，真正的繁殖季还要在许多周后才会开始。但对有的鸟类而言，繁衍生息已迫在眉睫。在苏格兰北部，积雪压弯了欧洲赤松满含树脂的枝条，即便是在那里，红交嘴雀也已经开始筑巢了。事实上，有的红交嘴雀可能在1月就产卵了。它们的自然周期取决于松果的产量；如果食物丰富，红交嘴雀能在一年之中的任何时间，在不列颠群岛的任何地方筑巢繁殖。

渡鸦也开始在海边的悬崖、峭壁和树顶聚集，你能看到它们成对地飞舞、追逐，凄凉而冷峻的景致中回荡着它们粗哑的叫声。我们的花园里，雄性灰斑鸠情不自禁地咕咕叫着，它的配偶可能已经在附近一棵冷杉中隐蔽的巢里孵卵了。夜晚也因声音而活跃起来。晚秋至冬天，灰林鸮以二重奏宣示着领域，雄鸟颤抖的低鸣与雌鸟的“kee-wick”相呼应，在安静的夜里最容易听清。

对许多观鸟者来说，1月是制订下一年赏鸟计划的时间。有的人希望以在元旦当天看到尽可能多的种类来开启新的一年。有的人则更热心公益，会参加英国鸟类学基金会组织的常规调查。无论调查对象

是雁鸭类还是越冬的鸫类，这都是在令人困惑的旅鸟到来之前的绝佳学习时机。

当冰雪覆盖欧洲大陆的时候，我们这里的湿地成了雁鸭类的避难所，这些鸟儿包括小天鹅、粉脚雁、白额雁和各种野鸭，如成群的赤颈鸭、琵嘴鸭和优雅的长尾鸭，以及普通秋沙鸭、鹊鸭之类的潜鸭。即便是像带有混凝土堤坝的水库这样看似没什么吸引力的水体，也值得扫视一番，找找有着威严战舰般形状的普通潜鸟。这一切无关审美，潜鸟需要的只是不冻的水面和其中的鱼类。

如果你邻近一片咸水沼泽或是海边的芦苇地，那么值得尝试冒着严寒去看看夜栖的猛禽，尤其是各种鹞。白头鹞和白尾鹞向它们夜栖的地点聚集是冬日里的一大奇景。鹞们缓慢拍打着长长的且有着明显翼指的两翼，低飞着掠过草地，在逐渐消逝的暮光中摇摆和翻转。当它们落下时，有着钝圆翼型的影子在逐渐逼近的黑暗中划过—这是与鹞完成交接的短耳鸮开始夜间捕猎了。

在暮色中待在田野里，直到最后一缕日光流逝，你就会得到别的奖励。在东南部地区，身形纤细、有着长尾的鹦鹉飞越郊外的住宅，飞向它们位于树顶的夜栖地。白天，在伦敦公园中光秃秃的树枝间，这些令人难以置信的外来鸟种依然能够以它们翡翠般的艳绿色和喧闹的尖叫声让我们惊叹。

隆冬时节的其他鸟类也能让人惊讶，这通常是在意想不到之处。天气最为寒冷的时候，你可以造访本地的污水处理厂，扫视一下过滤池。由于比周遭的乡野要温暖，这些地方是昆虫活动的温床，也是观察白鹡鸰、灰鹡鸰、草地鹨和戴菊的好地方。而在较为暖和的南部和西部，你可能会找到小巧的叽喳柳莺，它们当中的一些个体选择留下而不是迁走，想在我们难以预测的冬季天气里碰碰运气。对这些脆弱的食虫鸟类来说，风险确实存在，但似乎常有回报。

火冠戴菊是1月里罕见的珍宝，它会出现在污水处理厂、枝叶繁茂的墓地及少数花园里。它头顶有一道火红的冠纹，上背为苔绿色，脸颊还有着黑白相间的条纹，是英国最美丽的鸟儿之一。当它在冬青树和常春藤之间觅食的时候，它常常会无视观察者的存在。即便在最黑暗的冬日里，火冠戴菊也总会是令人愉悦的发现。

灰林鸮

漫长的冬夜通常是寂静的，但新年伊始，某些夜行性鸟类已经开始宣示自己的领域了。雌雄灰林鸮采用的方式是表演二重唱，它们一道谱写出英国最为人熟知的自然之声。

莎士比亚就很熟悉这种鸟类，但他明显不知道灰林鸮的声音是由两只鸟而不是由一只鸟发出的。在他早期的戏剧《爱的徒劳》中，他写道：

这时节猫头鹰瞪着眼夜夜唱，

“吐嘭吧，吐呼！”欢乐的鸣啼……

我们听到的并不是一只鸟的叫声，而是雄鸟悠长的颤鸣和雌鸟尖厉的回应。这是在向其他所有聆听的灰林鸮宣示，这块领域已经被一对繁殖鸟占据了。

灰林鸮在产卵之前很早就会宣示领域，这种行为有着重要的原因。它们是英国最恋家的鸟类之一，很少在出生地1千米以外的地方

活动。到了深秋，前一年出壳的幼鸟已经真正成熟了，它们开始抢占父母的领域。而已经占据此处的父母则会在整个冬季不停地鸣叫，宣示仍然保有主权。

灰林鸮是鸱鸮科在英国最为常见的代表，大约有50 000对繁殖鸟生活在北起凯斯内斯郡，南至康沃尔郡的森林之中。但如同其他一些留居鸟类一样，它们并不愿飞越开阔的海域，前往爱尔兰繁育后代。

灰林鸮也是我们最适应都市生活的猫头鹰，只要附近有可以筑巢的中空大树或老旧的建筑，它们就常常会在距离城镇中心不远的地方定居。灰林鸮是严格意义上的夜行动物，通常它们出现的唯一迹象就是夜间的鸣叫。

但也会有其他线索：受惊扰的小鸟常常会泄露灰林鸮的踪迹，因此，当你在浓密的常绿林旁边或成熟的阔叶林之中听到欧歌鸫、欧乌鸫和其他鸣禽叫个不停的时候，灰林鸮很有可能就蹲坐在周围。有时候小鸟的惊叫确实会起到作用，你能见到一只长有一对圆翼、体色棕红的大鸟从树冠上飞起，一言不发地去寻找安宁的地方。尽管灰林鸮有时确实会以鸟类为食，但它们主要捕食小型哺乳动物，以及蛙类、蚯蚓和大昆虫，有时我们甚至能在灰林鸮吐出的食茧中发现鱼的残渣。

灰林鸮的繁殖季开始得很早，所以，到了4月或5月，值得去找找蹲在树枝上的、像是漂白褪色了的鸡毛掸子似的东西。那是仍然身披稚羽的灰林鸮幼鸟，它们从安全而黑暗的巢中第一次钻出来，享受着外面的世界。在黄昏时它们大声地喊饿，那声音听起来就像成年的灰林鸮得了严重的喉炎。

渡鸦

一种如同野猪发出的咕哝声在头顶上空回荡，这声音低沉到不像是任何鸟类所能发出的。抬头向上看去，一只巨大的黑鸟正在飞行，它有着长长的两翼，翼尖的羽毛像手指一样张开，楔形的尾拖在身后。它看起来很像一只乌鸦，但考虑到它那骇人的十字形身形，以及那种特殊的叫声，你便会明白，这是一种完全不同的鸟类—渡鸦。

不久以前，要想听到渡鸦深厚而低沉的呱呱声，你需要前往苏格兰、威尔士和英格兰北部偏远的高地，或是西南部的达特穆尔、埃克斯穆尔荒原。现在这种声音已经在英国低海拔地区的空中回荡了：在最东南端的多佛白崖，消失了很久的渡鸦再次筑巢了。

我们可能以为渡鸦是高原鸟类，因而常将它们的名字用在诸如雷文斯克雷格（Ravenscraig）、雷文斯卡（Ravenscar）这样的地名当中，其含义是“渡鸦停栖的岩石”。但它们曾经的分布区遍及整个英国，在中世纪，它们也曾像赤鸢一样担任城里的清道夫。然而从那以后，它们就被残酷地捕杀，结果和其他清道夫鸟类或猛禽一样，被驱赶到了我们群岛上最荒无人烟的地区。

随着迫害的减少，渡鸦再次回到了它们曾经丢失的领地，现在其分布范围比过去几个世纪内都要广。它们甚至已经出现在我们的首都周围，要知道，此前野生渡鸦最后一次出现在伦敦地区是在维多利亚时代，从那以后，首都的渡鸦仅剩伦敦塔里饲养的那一群了。

渡鸦是世界上最大的鸣禽，甚至比欧亚鵟还大，也更重。它们两翼和喙的尺寸也超过英国其他所有的鸦科鸟类。它们也是全球分布最为广泛的鸟类之一，从北极的苔原到热带的沙漠都有它们的身影。渡鸦能发出非常复杂的声音，包括哼哧哼哧的猪叫声、鸭子似的嘎嘎

声，以及铃铛般的乐声。

与其他鸦科鸟类相似，渡鸦也很聪明，人们观察到它们沉迷于只能用“玩”这个词才能很好形容的行为。有人见过渡鸦一次又一次地从雪坡上脊背着地脚朝天地滚下来，很明显是为了取乐。飞行时它们也爱炫耀技巧，其中一个动作类似皮划艇运动中的半滚翻。做这个动作时，渡鸦收起翅膀，突然变换成腹部朝天的姿势，然后又转回正常的飞行姿态。

由于体型与外观令人印象深刻，渡鸦与各种神话传说牢牢地连在一起。北欧神话中的主神奥丁就养着两只渡鸦，一只叫福金（意为“思考”），另一只叫雾宁（意为“记忆”），这两只鸟每天都在奥丁的大地上巡查，然后向主神报告它们所看到的一切。凯尔特人的传说把渡鸦和战场联系在一起，这种长着邪恶深色喙的食尸徒总是在残酷的战斗之后最先来到经历了屠杀的战场。当你沿着登山步道或海边悬崖走得精疲力竭时，要记得在头顶盘旋的渡鸦对你的兴趣并不仅限于你的下一步迈向何方。

喜鹊

有些鸟类一直是花园里受欢迎的客人，比如欧歌鸫和青山雀。而另一些则不然。在花园恶棍的名单上，排在最前面的毫无疑问是喜鹊，因为它们有猎食花园里其他鸟类的卵和雏鸟的恶习。这种外形时髦的鸦科鸟类却不像图鉴上画的那样黑。仔细观察，你会发现这种鸟的羽毛并非只是黑白两色，而是泛着虹彩的绿色、蓝色和紫色，并且颜色会随着光线的角度时时变换。

喜鹊总给人以街头混混的印象。20世纪80年代电视上的反盗窃公益节目就把心存侥幸的扒手塑造成了喜鹊的样子。很久以前，19世纪的意大利作曲家罗西尼将它们的偷盗癖好写进了歌剧《鹊贼》。更近的例子则有菲利普·普尔曼的《黑质三部曲》，作者把盗取灵魂的幽灵城命名为西塔盖茨（Cittagazze），意为“喜鹊之城”。

尽管有这么多负面的联想，人类与喜鹊的关系也包含着让人愉快的部分。如今，即使21世纪已经到来，我们中的许多人还是保留着向落单的喜鹊致意的习惯，路过一只孤零零的喜鹊时，也还都记得那首儿歌：“一只是悲伤，两只是喜悦，三只是女孩，四只是男孩。”对那一代人来说，这句话还能让他们记起20世纪70年代的儿童电视节目《喜鹊》的开场白，该节目相当于BBC的《蓝彼得》在ITV（独立电视公司）更为通俗的版本。

现在向喜鹊致意已经变得不太容易了，因为它们无疑比过去多了不少。部分原因是我们对喜鹊的迫害减少了，另外道路上撞死的动物以及街头丢弃的食物也增多了，而喜鹊恰好扮演了清道夫的角色。结果，我们动不动就能看见上百只喜鹊聚集在一起，像吐着火舌的机关枪一样叽叽喳喳个不停。

除了具有劫掠鸟巢的习性以及在街头捡食垃圾的能力以外，喜鹊还以无脊椎动物为食，尤其偏好甲虫。早期它们的名字是“maggot

pie”（蛆虫鹊），这也许是指它们喜欢在腐肉上寻找蛆虫的习性；但另一些人认为这个名字来自法语中的“margot-pie”（意思是“玛戈特鹊”），该昵称就像“珍妮鹪鹩”、“汤姆山雀”以及“红胸脯鸲”一样，说明人们对这种有吸引力的鸟儿还是有感情的。

红交嘴雀

公元1251年，一位名叫马修·帕里斯的僧侣透过他位于圣奥尔本斯的修道院窗户向外张望，看到了令人震惊的一幕。一大群鸟聚集在僧侣种植的苹果园里抢夺着果实，帕里斯写道，他从没有见过这样的鸟类：“在今年，出现了……一些从来没有在英格兰见过的奇特的鸟类，它们比云雀略大……鸟喙是相互交错的……”这些肆掠成性的强盗当然就是红交嘴雀了，它们是最不同寻常的英国鸟类之一。它们的喙形状特殊，上缘与下缘正好交错在一起。

后来这种鸟类日渐出名，有关它的神话也就传开了。传说中耶稣基督在十字架上受刑，红交嘴雀试图将钉在他四肢上的钉子拔下来，因而上下嘴扭曲了。雄鸟的身体也因沾染了基督的鲜血而具有了鲜艳的砖红色。

真实的原因要平凡得多，但吸引力却并不逊色。红交嘴雀以欧洲赤松和落叶松之类的针叶树的果实为食。为了破开松果，它们演化出了结构特殊的喙，交错的喙尖能让它们撬开松果的鳞片，吃到里面薄如纸片的种子。

尽管针叶树全年都能结果，但就像庄稼有时会歉收一样，结果周期很难预测。因此，红交嘴雀演化出了复杂的游牧式生活方式。它们每年营巢的时间比其他任何英国鸣禽都早，常常在1月就已开始，孵卵时雌鸟的背上可能还会落有雪花。

一旦幼鸟安全地离巢，它们通常会随着父母待上几周时间。仲夏时节，集群的红交嘴雀可能就会发现繁殖地周边的食物不够了，从这时起，它们就转入游牧状态，有时候会游荡很长的距离来寻找新的觅食地。这种季节性的移动叫作“爆发式迁移”，有时候会有成千上万只鸟聚在一起，13世纪的那位僧侣在自己的苹果园里见到的正是这种情况。

红交嘴雀生性害羞，它们在针叶树高高的树冠上觅食，如果不发出鸣叫，它们很难被人发现。有时候你会注意到有松果碎片持续地从树上落下，这也是一种确定红交嘴雀位置的方法。但暴露红交嘴雀行踪的通常是它们的叫声：当一群交嘴雀从森林的一个区域飞到另一个区域时，你常常能听到连贯而嘹亮的“clip, clip”的鸣叫。

如果仔细观察，你会发现红交嘴雀是一种很漂亮的鸟儿：雄鸟为砖红色，雌鸟是橄榄绿色，幼鸟的羽色则更淡且带有斑点。我们可以通过喙的形状识别刚离巢的幼鸟，它们那种明显交叠的喙才刚刚开始发育。

红交嘴雀很擅长在树枝间腾挪跳跃，当它们从木质松果上撬下松子时，会像微型的鹦鹉一样悬挂在松枝之间。它们的食物非常干燥，这样的饮食习惯也给了我们更好的观察机会。为了解渴，红交嘴雀常常会飞到林间的水坑或水塘里，把喙埋进水中，然后仰起头，让水流入喉咙。

槲鸫

怒吼的北风横扫过乡间的旷野，此时很难想象还会有鸟儿在寒风中歌唱而不是躲避起来。但有一种鸟在最恶劣的天气面前也毫不屈服，大声唱出充满野性的高音。这就是槲鸫，它还有一个恰如其分的名字—“暴风公鸡”。

槲鸫是最早在新年歌唱的鸟类之一，这时春天还没有任何要来的迹象。槲鸫歌唱时总是会站在当地最高的树顶，它们的歌声包含了像欧乌鸫那样丰富的旋律，又混合着一些带有欧歌鸫气质的重复乐句。

我们的两种留居的鸫类很容易被混淆，但槲鸫以其更大的体型和更灰的羽色而不难被辨认出来，欧歌鸫则带有一些暖棕的色调。槲鸫飞行时显得相当吃力，它们总是快速扇动几下两翼，然后将其合拢，由着身体向前一冲，这样才完成一次有力的移动。飞行时，它们也常常会发出鸣叫，那是一种响亮的哨声，很像梳子刮过木头的声音，又像老式足球比赛的哨音。若能观察到它们白色的尾端，那就更能确定你的判断了。

一年的大部分时间里，槲鸫都是独处或成双成对地出入，但从仲夏到初秋，它们会成群地出现在乡野之间，在开阔的牧场、荒地和运动场上觅食。这是槲鸫组成的家庭群，它们在繁殖之后就会和别的家庭一起结伴同行，而这种状态会一直持续到冬季到来。

到了秋季，槲鸫开始名副其实地守卫成簇的槲寄生，这是一种长在大树上的寄生植物。一只单独的槲鸫就可以保卫整株槲寄生和上面的黏性白色浆果。它用喙、爪子以及急促的尖叫对抗包括其他鸫在内的一切入侵者。但当一大群白眉歌鸫或太平鸟落在树上时，槲鸫偶尔也会屈服于敌人的数量。

我们在1月里听到其歌唱的雄鸟已占据大块的领域，那里有高大

的树木可供筑巢，有开阔的草地或公园绿地为它们提供蚯蚓及其他无脊椎动物。它们通常会在树杈上建造编织得很精美的鸟巢，但有时候也会在奇怪的地方营巢。曾有一只槲鸫把鸟巢安在了索尔福德市中心环岛边的一个交通信号灯上。

大山雀

城市交通的噪声和都市水泥森林无尽的轰鸣都掩盖不住我们最熟悉的一种鸟叫—大山雀“tea-cher, tea-cher”的鸣唱。这种有节律的、金属般的声音立刻就能被认出来，每年12月中旬以后，在温和的冬日里，在我们的城市、乡镇和村庄，你都能听到这种声音。古老的乡下俗名“锯子磨石”和“木工鸟”都来源于这种声音，它还曾被比作自行车打气筒发出的吱吱声。

大山雀的叫声可不止这一种，这尽人皆知的歌声只是它们所能发出的40多种声音中的一种，而每一只鸟儿的歌本里都有多达8首不同的曲目。因此，经验丰富的观鸟者听到不能确定的鸟鸣，最终往往会发现那不过是又一只大山雀而已。

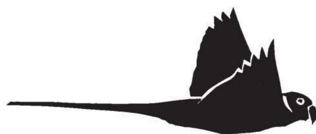
关于它们为何会有如此繁多的歌声，有一种被称作“虚张声势假说”（Beau Geste Hypothesis）的解释，这个词语来自雷恩于1924年发表的小说《法国外籍军团》。小说里，英雄博·热斯特（Beau Geste）沿着被包围的要塞的墙壁，把士兵的尸体排成一圈，好让敌人以为防御力量比实际情况更强。大山雀的情况与之类似，它那繁多的曲目能迷惑竞争对手，让其觉得这片领域被不止一只鸟守卫着，从而促使对手去其他地方碰运气。

大山雀的外表与其清澈的声音相配，黑色的顶冠、黄色的腹部和白色的脸颊使它不会被错认。它也很常见，在我们的花园里是最适应与人共同生活的物种之一。作为通常在树洞里筑巢的鸟类，它们也适

应人工巢箱，而喂食器只要一挂出去，它们就迫不及待地前来享用食物了。

现在大山雀已经成了我们的邻居，我们也就能仔细地观察它们复杂的求偶行为了。比如，大山雀雄鸟为了吸引经过其巢穴的雌鸟，会将头部探出巢穴洞口，不停地前后移动，由此闪动的白色脸颊像是旗语信号。如果这样做没有效果，那它们还能尝试放声高歌……

红领绿鹦鹉



闭上眼睛，由于红领绿鹦鹉那充满异域风情的鸣叫，伦敦的海德公园现在听起来更像印度的孟买或新德里，而不像我们的首都。红领绿鹦鹉全身翠绿，尾羽修长，雄鸟颈部有一圈明显的粉红色。它们原本生活在亚洲，也是那里最常见、最为人熟知的鸟类之一。

红领绿鹦鹉（常常也被叫作环颈鹦鹉）最早于1969年在英国建立了野外种群，不过在此之前也有一些关于奇怪鸟类的可靠记录，并且至少有一笔繁殖记录可追溯到维多利亚时代。

红领绿鹦鹉的来历比其他任何英国引入鸟种都要出人意料。最早的一群出现在伦敦西郊的谢珀顿，由此产生了它们是从《非洲女王号》剧组逃逸出来的流言；除了最明显的非洲场景以外，那部电影主要是在谢珀顿的摄影棚里拍摄的。但该说法有一个关键疑点：这部由鲍嘉和赫本主演的电影拍摄于1951年，很难解释为什么这种亮眼的绿色鸟类在销声匿迹了近二十年之后才又被人发现。

另一种经典的都市传说与20世纪60年代的老牌摇滚吉他手吉米·亨德里克斯有关，他在位于伦敦市中心的公寓里养着一对名叫亚当和夏娃的鹦鹉。也许是服用迷幻药后精神恍惚之故，他将这两只鸟放归了野外，以便为首都增加些许“迷幻色彩”。那个时间点正好是1969年，但并没有证据表明此事确实发生过。

最为平凡但也最有可能的解释是，它们是自己逃逸或被宠物商人放生的—这种鹦鹉在那时和在今天一样，都是平常的宠物。这种看似产于热带的鸟儿来到英国后，并未像很多人以为的那样死于寒冷或饥饿。它们原本生活在喜马拉雅山脚下，那里的温度会降到远比伦敦郊区低的状态。同时，它们也正好出现在花园喂食器大量涌现的时候。这些身手敏捷的鸟类很轻松地就学会使用花生喂食器了，它们鲜艳的外表和巨大的噪声常常能把其他小鸟赶走。

自从它们到来以后，人们对它们的看法也在发生变化。20世纪70

年代，卓越的鸟类学家德里克·英格兰强烈要求清除这种鸟类，用他的原话来说就是“结束这种荒唐吧”，英国鸟类名录里面不应该出现鹦鹉。但即便曾有过彻底移除这些鹦鹉的窗口期，它也早已消失了。经过半个世纪的繁衍，它们已经扩散到英格兰东南部的很多地区，在其他地区也有零星分布。英国现在已经有近10 000对繁殖鸟。它们也许并非人见人爱，但现在许多伦敦人已经接纳了它们，将它们视为这个具有多元文化的都市的一分子，尽管冬季光秃秃的树枝间闪现的那抹翠绿色还是显得有些怪异。

灰斑鸠

你很难想象英国郊野的花园里没有灰斑鸠单调的鸣叫，这种声音像是无聊的球迷在毫无激情地为主队加油：“曼—联，曼—联……”（U-NI-TED，UN-I-TED）。但直到二战结束—在人们依然拥有鲜活记忆的时间段内—这种带着白上加黑的醒目领纹的沙色斑鸠还从未出现在英国，哪怕作为罕见迷鸟也没有过。

现在，当灰斑鸠挤在喂食器边，或是从房顶飞下时，它们看上去已经平淡无奇了，但它们却有着英国所有鸟类里最不同寻常的身世之一。灰斑鸠最早的目击记录是1952年出现在林肯郡的孤零零的一只鸟，那一年伊丽莎白女王正式继承了王位。由于那时已经有人在饲养灰斑鸠，所以野外的这一只在当时被广泛认为是逃逸的笼养鸟。到了1955年春季，有一对灰斑鸠不仅出现在了诺福克郡北部海岸的一座花园里，而且当年还成功繁殖了。

当时这对鸟出现的地点被严加保密，这对于今天这种三音节叫声已经遍布英国的鸟儿来说，似乎有点怪异。即便如此，消息还是泄露出去，很多观鸟者朝圣般地前往诺福克郡。当时还是少年的比尔·奥迪就是其中一员，在他的回忆中，他曾经隔着花园的围墙，努力地想瞥见这对繁殖的灰斑鸠。

之后的一年里来了更多的灰斑鸠。这种三音节鸣叫很快汇成了大潮。十年内，灰斑鸠到达了威尔士和爱尔兰。英国鸟类学基金会制作第一版《英国繁殖鸟类地图》时，于1968年到1972年之间开展了一次全国范围内的鸟类调查。灰斑鸠的分布范围已经扩展至锡利群岛到

设得兰群岛的乡野之间，甚至在最偏远的岛屿上也出现了它们的身影。

灰斑鸠最早出现在乡村、小镇和城市郊区，因为有站在电视天线上的习惯，它们在德国又被叫作“电视斑鸠”。20世纪70年代，灰斑鸠扩散到开阔的农场，它们的数量也在十年里上涨了10倍，目前已经有近100万对鸟儿在英国繁殖了。

灰斑鸠的到来并不完全出人意料，这种在欧洲曾经只分布在巴尔干地区的鸟类，从20世纪30年代起就开始迅速向北、向西扩张。仅仅四十年的时间里，它们新开辟的疆土就达到了250万平方千米。我们还不清楚是什么诱导了这种突然的变化，或许是一次基因突变让灰斑鸠有了全年都能迅速繁殖的能力。在英国，有些鸟儿甚至在12月和1月也在坐巢孵卵。

灰斑鸠的声音常常出现在电视配音当中，因为它们的呢喃有一种宁静的乡野气息。唯一的问题是，当它们的叫声被用在以18或19世纪为背景的电视剧里时，这声音就像汽车喇叭或电话铃声一样不合时宜。

小天鹅

一群小天鹅突然从笼罩在冬日迷雾中的水边飞起，发出富有韵律的鸣叫，它们落在霜冻的牧场上开始吃草，这样的场景能立刻唤醒荒野的灵魂。这种优雅鸟类的英文名（Bewick’s Swan）是用来纪念19世纪早期的雕塑家托马斯·比尤伊克的，它们也被叫作“苔原天鹅”。这些天鹅在俄罗斯北极地区遍地蚊虫的苔原湖泊边繁殖，每年秋季，它们举家离开即将被寒冰封冻的西伯利亚家园，向南迁徙。从11月到第二年3月，小天鹅在我们相对温暖的湖泊和沼泽中找到了庇护所，并在开阔水域旁的牧场和耕地上觅食。

小天鹅是英国三种天鹅里体型最小的一种，样子与个头更大的近亲大天鹅非常相似。如果一旁没有大天鹅可供比较，区分这两种天鹅的最好方法是检视喙上的图案。大天鹅和小天鹅的喙都是黄黑两色，但小天鹅喙上的黄色区域明显更小，并且长度不会超出鼻孔。

小天鹅喙部的图案是一项重要研究项目中的核心部分。小天鹅的喙部图案差异很大，这也促成了针对同种鸟不同个体的最为深入的科学研究之一。1964年，鸟类学家兼保护生物学家彼得·斯科特（后来的彼得·斯科特爵士）和他女儿达菲拉在位于格洛斯特郡斯利姆布里奇的野禽与湿地基金会总部观察一群迁来的小天鹅。他们注意到每只小天鹅喙部的图案都独一无二，这就为监测每一只个体提供了机会，此前在其他鸟类身上还没有进行过类似的研究。

五十年之后，这项持续至今的研究使我们在生态学和行为学方面对这种魅力十足的水鸟有了更多了解。小天鹅在迁徙时以家庭为单位，会带上羽色发灰的幼鸟。通过识别个体，鸟类学家可以知道每一对配偶在一起多长时间，并能计算出它们的繁殖成功率。上一个夏天还在遥远的西伯利亚繁殖的小天鹅，此刻在斯利姆布里奇的泛光灯下吞吃着谷物，距人不过几米远。即便对于有经验的观鸟者而言，这也是一场难忘的相遇。

大白鹭

1月里的一个夜晚，一大群观鸟者聚集在萨默塞特地区的阿瓦隆湿地，观看返回夜栖地前在天空中飞舞的大群紫翅椋鸟。众人仰着面庞，满怀期待地扫视天空，等候椋鸟群的到来。此时，一只白色的大鸟突然从芦苇丛里的隐蔽处跃入空中，悠然地扇着翅膀飞过。

一个观鸟者注意到了它，高喊一声：“大白！”人群随之一阵慌乱，直到意识到这不是大白鲨，而是大白鹭时，他们才松了口气。这是一种最近才进入英国繁殖鸟类名录的鸟儿。

大白鹭是欧洲最高也最为优雅的鹭类，其直立身高能达到1米。五十年前，距离英国最近的大白鹭分布点在奥地利的新锡德尔湖。直到上个千禧年临近尾声，它们也只是不列颠群岛沿岸的罕见访客，每年可能只有一到两笔有关它们的记录。但在20世纪的最后十年里，大白鹭慢慢开始向北和向西扩散，进入了法国和荷兰。

几年前，它们开始出现在萨默塞特平原的湿地，这是英国西南部的一片新增的湿地生境。大白鹭喜欢上了周遭的一切，就留了下来，现在不论在什么时间前来，我们都能看到多达6只的大白鹭了。到了2012年，它们终于在萨默塞特地区的沙皮克荒野国家级自然保护区繁殖了，深藏在芦苇荡里的两个巢共孵化出了5只雏鸟，其中4只成功地长大离巢。2013年，它们再度繁殖，如今这种优雅的水鸟似乎要成为

当地长久的居民了。

只要好好观察，就很容易区分大白鹭和它们小得多的亲戚白鹭。大白鹭全身雪白，有长得不成比例的弯曲脖颈。它们的喙又长又尖，在冬季是淡黄色，到了繁殖季节则变得乌黑发亮。大白鹭在飞行时，可能会被误认为白鹭，从远处看尤其如此，但它们的长腿大大超出了尾端，两翼扇动的频率更慢且更显沉重。

大白鹭的到来部分归功于英国对湿地和湿地鸟类日益加强的保护，这使得它们在蒙受了19世纪末到20世纪初的羽毛贸易所导致的巨大损失之后还能重新出现。过去富有并且追求时髦的妇女喜欢用它们的羽毛来装饰浮夸的帽子。

这片巨大的芦苇地是由过去的工业用地恢复而成的—直到几十年前，它还被用来挖掘泥炭—这也意味着大白鹭出现在英国时，这里已经有了适宜它们繁殖的地方。无论对于哪里的保育工作者而言，这都是一个及时的提醒：如果能够创造出合适的栖息地，鸟儿最终自己就会找上门来。对于大白鹭以及其他许多湿地鸟类来说，它们的未来完全取决于我们愿意在拥挤的乡间让渡多大的地方。

灰雁

东安格利亚的一条河道里，一群雁在冬季停泊的游船间嬉戏。北方几百英里以外，一座被风吹拂的苏格兰湖泊里，一群同样的鸟儿正紧张地注视着在头顶盘旋的白尾海雕。这就是灰雁生活于其中的两个完全不同的世界。

总的说来，大部分在苏格兰北部和西部繁殖的灰雁是野鸟的后代，而英国其他地方出现的灰雁即便不是全部，也绝大多数是源于人工再引入。

不少灰雁还从冰岛迁来越冬，因此要将野化个体同真正的野鸟相区分可能并不容易。但若只是辨认灰雁就简单许多。它们在英国所有灰色系雁类中是体型最大也最重的，鲜橙色的喙和粉红色的双腿很容易识别。它们飞行时，你能看见它们的两翼上有大块的浅灰色斑，当然也能听见熟悉的嘎嘎声。

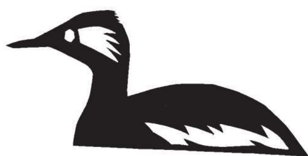
野生灰雁带鼻音的叫声会让人联想起农场里的家鹅，也本该如此，因为它们本是同根生。至少在三千年前，灰雁就在埃及被人类驯化，它们也成了最早伴随人类开疆辟土的鸟类之一，我们身边只有鸡和鸭的驯化时间比它们更悠久。

家鹅被选育来提供一系列不同的产品，其中包括用来点灯的油脂，以及用来制作箭矢或床上用品的羽毛，当然也有供食用的肉和蛋。灰雁很容易驯化，因为它们的雏鸟有一种“印记”行为，也就是会把出生后看到的第一个生物（包括人类）当成自己的母亲。奥地利生物学家康拉德·洛伦茨最早深入研究了这一行为，他成为很多雏雁的“养母”。在畅销书《所罗门王的指环》中，他描述了那些将他当成父母的灰雁宝宝，它们“充满了灰雁式的尊崇”，在家周围紧紧跟随着他。洛伦茨也是最早在野外研究鸟类行为的学者之一，1973年，他和另外两位动物行为学的先驱卡尔·冯·弗里施与尼科·廷伯根一起获得了

诺贝尔奖。

黑颈□□

隆冬时节的水库里常常挤满各种鸟类，尽管库区周围有明显不受欢迎的水泥建筑，它们还是在开阔的水面欢腾嬉戏。在喧闹的鸥类、野鸭以及加拿大雁之中，有一种时不时潜到水下觅食的小型水鸟常常被人忽视。当它再一次从水中钻出时，它那深色的羽毛及鲜艳的红色眼睛明白无误地告诉我们，这是一只身披冬羽的黑颈□□。



尽管我们很熟悉小□□和凤头□□，但见到一只黑颈□□还是会让人感到惊喜，原因是它们在这里的冬季分布区十分狭窄。要想找到黑颈□□，你需要前往它们最喜欢的越冬地点，其中包括汉普郡和多塞特郡之间的海港和浅海。黑颈□□也会聚集在伦敦西郊的水库，往来于那里的观鸟者不得不忍受头顶飞机引擎的巨大轰鸣声，因为希思罗机场就在附近。

每年的这个时候，黑颈□□看起来就像是小□□的放大及加黑版，它们身体的后半段都一样蓬松，但黑颈□□还长着白色和灰色的羽毛，而不像小□□那样全为棕色。而且黑颈□□的眼睛如红宝石般闪烁。它的外表很像近亲角□□，但脖颈颜色较深，喙较小且明显上翘。

繁殖季的黑颈□□就完全不一样了。它的头颈部都变成炭黑色，耳后长出金黄的饰羽，因此它在北美被叫作“耳□□”。这些特点组合在一起，再配上红色的眼睛和栗色的两胁，让它们变得光彩照人。再加上神出鬼没的习性，它们对观鸟者而言就更有吸引力了。

尽管冬季和春季黑颈□□会出现在不同的水体，但它们对繁殖地很挑剔。几对黑颈□□往往会在同一座湖泊或池塘中筑巢，有时它们的巢会紧挨着红嘴鸥喧闹的集群繁殖地，这些鸥类好斗且时刻保持警觉的特性有助于□□躲避捕猎者。在这样相对安全的环境下，黑颈□□把卵产在由水草做成的浮巢里，用水生无脊椎动物和小鱼来喂养头上有着明显条纹的柔弱雏鸟。

彩鹮

有些水鸟，比如白鹭，天生带着优雅气质；而另一些水鸟则有着灰暗、原始的外表，仿佛在提醒我们，它们是恐龙的后代。硕大、下弯的喙显然将彩鹮归入了后一组。

彩鹮看起来很像白腰杓鹬，不过仔细观察还是能发现它们有闪着绿色和青铜色光泽的深色羽毛，与白腰杓鹬斑驳的棕色截然不同。彩鹮富有光泽的羽毛带着亮眼的栗色和虹彩般的绿色、蓝色及紫色，看起来充满了与英国格格不入的异域风情。它们在这里确实不常见，但最近几年数量增长很快。

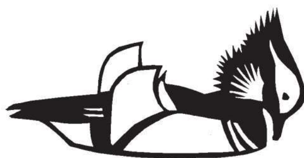
到目前为止，彩鹮是鹮科分布最广泛的成员，也是世界上分布最广的鸟类之一，它们在亚洲、非洲、澳大利亚、美洲，以及欧洲东部和南部的温暖地区繁殖。你如果造访法国南部的卡马格或罗马尼亚的多瑙河三角洲之类的离英国最近的彩鹮繁殖地，就能在宽阔的河道两边看到这些古铜色的鸟儿站在树上用树枝搭建的巢中。

过去几年里，已经有12只以上的彩鹮来到了英国，它们主要出现在英格兰的西南部以及威尔士。它们每次停留数周乃至数月，而且不难接近。事实上，从1975年到1992年，有一只彩鹮在肯特郡及邻近的郡停留了十七年之久，除了偶尔消失几个月以外，它一直逗留在那里，实在让人难以置信。

我们这里有适宜的栖息地，时不时地也有彩鹮出现，所以它们永久定居在英国只是时间的问题。这种鸟终有一天会成为我们一长串水

鸟名录中的最新成员，白鹭、牛背鹭和大白鹭已经上榜，它们都是不断北上，最终来到英国繁殖的鸟类。

鸳鸯



1月里寒冷的一天，你并不奢望在萨里郡富人区的一座景观湖里遇见英国色彩最丰富的鸟类之一。但弗吉尼亚湖长久以来一直是欣赏鸳鸯的热门地点，它们有着让人目眩神迷的美丽，你只有亲眼见证后才会相信。

雄鸟颈部有姜黄色的须状饰羽，喙是血红色的，它还有乳白色的宽阔眉纹和虹彩般的紫色胸部，这些特征在一对奇特的、像船帆一样翘起的橙黄色飞羽的衬托下熠熠生辉。雌鸟带有多种深浅不同的灰棕色和米色，还有一些精细的白色纹路点缀其间。雌雄鸟都有一种静谧之美，也同样美丽。

尽管有着出众的外表，鸳鸯还是能忍受我们冬季最为严酷的天气，它们以在林地挖掘橡子、栗子及山毛榉的种子为生。受到惊扰时，它们会几乎垂直地飞到空中，在你头顶那些凌乱交错的枝条间腾挪躲闪，并发出一长串古怪而含糊的哨音。它们在中空的树干里筑巢，暮春时节，人们总会大吃一惊地发现小鸭子摇摇摆摆地钻出树洞，跟着父母跳入林中的池塘或溪流。

鸳鸯在远东地区是颇为流行的艺术形象，它们总是成双成对地出现，所以成了爱情忠贞的象征。在中国，绣着鸳鸯的丝质被套和枕套是传统的婚庆礼品。尽管包括俄罗斯东北部和日本北部在内的繁殖地已经受到很好的保护，它们的全球种群数量还是受到伐木、工业化以及湿地排干后被改为农田的威胁。

英国鸳鸯的数量还算可观，尽管隐秘的习性使得它们很难被准确地统计，但据估计英国野外生活着7 000只以上的鸳鸯。它们最早于18世纪中叶从中国被引入，属于萨里郡里士满的一个私人收藏。大约一百年之后，即1866年，一只野化的鸳鸯在泰晤士河的波克郡河段被射杀。从那以后，它们在野外的数量一直在增长，20世纪早期从贝德福德公爵的乌邦寺逃逸出来的鸳鸯群也为这种增长做出了贡献。

尽管鸳鸯的核心分布区位于伦敦周边的诸郡，但其他地区也有不小的种群，其中包括德文郡、格洛斯特郡、伍斯特郡、约克郡、德比郡以及苏格兰的部分地区，在北爱尔兰的邓恩郡还有一个孤立的种群。随着种群数量的增多，即使你所在地的池塘和溪流现在还没有鸳鸯，不久的将来它们也会出现在那儿，为之增光添彩。

小白额雁

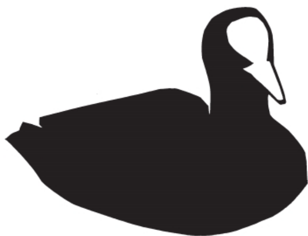
小白额雁在英国一直都非常罕见，自1866年一位名叫阿尔弗雷德·查普曼的平底船鸟铳猎手射落第一只以来，迄今只有不到150次的记录。这些鸟来自俄罗斯北部至斯堪的纳维亚之间的某个繁殖地，在秋季向欧洲东南部迁徙的途中迷失了方向，才来到了英国。尽管罕见，我们所熟悉的白额雁的这种近亲却在英国两家最受人尊敬的机构的成立过程中悄悄地发挥了作用。

小白额雁貌如其名，看起来就像白额雁更加小巧精致的版本。在冬季，白额雁会成群来到英国的传统觅食地，其中之一就位于格洛斯特郡塞文河口的斯利姆布里奇。

1945年，鸟类学家兼保护生物学家彼得·斯科特造访了这个河口边的草地。他从一大群白额雁当中发现了一只长着亮黄色眼圈、体型更小的雁类。这是一只小白额雁。当时，该种在英国的记录屈指可数，而它的出现让斯科特更加确信自己已经开始意识到的事实：斯利姆布里奇十分特殊，无论是常见的还是罕见的雁鸭类都在这里出现。从那时起，他就下定决心要搬到这儿来，并在此建立一个专门研究雁鸭和天鹅的机构，野禽与湿地基金会就这样成立了。

到了20世纪50年代中期，彼得·斯科特开始为BBC制作电视节目，他的系列节目《观察》产生了深远的社会影响，并促成了1957年BBC自然史节目组的成立。而该机构之所以设在布里斯托尔，很大程度上是因为斯科特住在斯利姆布里奇，从布里斯托尔到那里比从伦敦过去要更方便。就这样，罕见且相对鲜为人知的小白额雁在BBC的历史上产生了微小却重要的影响。

骨顶鸡



在本地公园的池塘里喂鸭子是我们所有人都珍视的童年记忆。当我们把面包屑投向绿头鸭，看着个头更大的疣鼻天鹅和加拿大雁都来争抢一杯羹的时候，我们很容易忽略池塘中最有魅力的居民之一——骨顶鸡。

骨顶鸡是一种全身呈炭黑色的矮胖鸟类，它属于秧鸡科，是黑水鸡的亲戚。但与黑水鸡不同，骨顶鸟一生中的大部分时间都待在开阔水域，尤其是在冬季，那时它们会在湖泊或水库聚集成群，这些集群通常会包括上百只甚至数千只骨顶鸡。它们长着白色的喙和额甲，很容易辨认。俗语“头秃如骨顶鸡”（as bald as a coot）也由此而来。

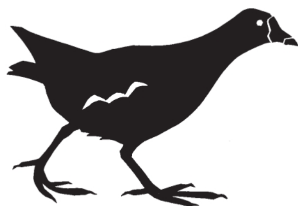
骨顶鸡出了名地好斗，常常因为领域而大打出手。打斗时，它们会后仰着身体，从水里伸出那对大得夸张的带蹼的爪子攻击对方。有时候这种争斗激烈异常，失败的一方甚至会沉入水里淹死。骨顶鸡是世界上少有的几种经常会争斗致死的鸟类之一。

它们的叫声种类有限，声音却很特别，会爆破式地发出单音节的高音，像是有人用铁棍敲击石头。骨顶鸡用这种声音警告对手，捍卫自己在水面的小块领域。领域的核心会有一个由水生植物做成的浮巢，这种巢通常是用挺出水面的枝叶搭成四面环水的平台。在大雨中，当池塘水面不断上涨的时候，你就能看到骨顶鸡匆匆忙忙地加高巢位，以保证它们珍贵的卵处于水面之上。

如果要进行鸟类选美比赛，骨顶鸡的幼鸟肯定赢不了。它们从小就秃顶，头部两侧还有红蓝两色，身上有着稀疏的黑色绒毛。大多数情况下，骨顶鸡都是有耐心的父母，它们温柔地将啄碎的水草喂给雏鸟。但也有例外：如果食物紧缺，父母可能不得不选择只喂养部分雏

鸟。食物极其缺乏时，骨顶鸡会啄咬乞食的雏鸟，有时频繁的攻击会导致不幸的雏鸟被自己的亲生父母杀死。

黑水鸡



多数水鸟需要开阔的水域繁衍生息，但对于黑水鸡这种最为平凡、最易被忽视的水鸟来说却不是这样。只要有足够的食物和筑巢的空间，哪怕最小的池塘、溪流或水沟里都有它忙忙碌碌的身影。

它通常会躲藏起来，只有偶尔发出的短促而具有爆发力的咯咯声或平缓的吱吱声才会泄露其行踪。

黑水鸡很容易辨识，它有着红黄两色的喙，前额的额甲为红色，双腿黄中带绿。远远看去，它的羽色十分朴素，凑近观察才能发现那是一种混合着紫色、蓝色与深棕色的微妙色调，同时两肋还有几缕白色的条纹。当黑水鸡略带颠簸地游过开阔水面，它的尾部会下意识地轻轻弹动，时不时露出尾下的两大块白色。

黑水鸡的名字moorhen似乎让人不解，其实这个词与荒原（moorland）无关，而是源自关于湿地或池塘的古老名词。本地公园里，黑水鸡会和骨顶鸡、绿头鸭推搡着挤在一起，在我们脚边争抢面包，但有时它们也会非常谨慎。

与近亲骨顶鸡相比，黑水鸡更瘦削，也更为敏捷。有时人们会吃惊地发现骨顶鸡爬上灌木丛，取食高处的山楂果，或者听到它在夜里飞越屋顶，去寻找新的地方觅食。

与骨顶鸡和□□相似，黑水鸡也利用水草在湖边或者湖水中央筑巢。它们的巢通常并不隐蔽，总是露天而建。但约克郡的一只正在孵卵的黑水鸡却有创新精神，它会在大雨滂沱时披上一块肮脏的塑料，每当雨停之后又把这件临时的斗篷丢在一旁。

灰背隼

几乎在英国的任何地方，一只不期而遇的灰背隼都会立刻让阴沉的冬日充满生机。这种神奇鸟类的名字（merlin）恰如其分，它们总是突然出现，扇动着短小精干的两翼急速掠过大地，猛追一群云雀或草地鹨。它们的行踪飘忽不定，你需要珍惜稍纵即逝的相遇，因为这样的机会在一整天里也许仅有一次。

雄性灰背隼（又称“杰克”）也许是我们最小的隼，它的体长只有25厘米，甚至比槲鸫还小。但当它飞掠石南荒地或咸水沼泽，追逐着小鸟时，其超常的耐力和意志完全弥补了体型上的不足。它的上体为蓝灰色，下体为褐橙色，停栖的时候很像是一只雄性雀鹰。然而当它飞起来的时候，两者的区别一目了然：灰背隼的飞行技巧让人眼花缭乱，追踪小鸟的时候，它能笔直地向上飞起，然后又突然垂直俯冲。

米黄色和棕色的雌性灰背隼同样敏捷，它的体型明显大于雄鸟，因而有足够的力量捕捉更大的猎物。雌雄都有着标志性的轻快飞行动作，这让人从远处就能认出它们。

这些小型的隼在繁殖季会在西北部石南丛生的荒野或高原沼泽深处安家。到了秋天，它们又飞回低海拔地区，我们本土的繁殖鸟会跟那些从斯堪的纳维亚和冰岛飞来的冬候鸟混在一起。整个冬天，它们都在空旷的大地上狩猎，巡视着农田、山丘和海边的湿地。

灰背隼的历史悲喜交织。它们曾经被尊为贵妇之隼，受到包括苏格兰女王玛丽一世在内的女性君主们的宠爱，但在更近的年代却因在雷鸟的猎场营巢而被捕杀。20世纪50和60年代化学杀虫剂的大量使用，以及荒地造林导致的栖息地丧失，都使得它们的数量减少。到了

20世纪80年代早期，它们的数量已跌至历史低点，只剩500对繁殖鸟了。尽管目前这个数字增长了1倍，但它们仍然处于危险之中。冬季里，灰背隼可能会出现在任何开阔场地的上空，所以请仔细观察你见到的每一只小型猛禽吧。

琵嘴鸭

琵嘴鸭就像是鸟类世界中的须鲸，它们觅食的时候绕着小圈游动，用巨大而扁平的喙贴着水面左右摇晃。借用纪录片解说者凯特·亨布尔的话，它们看起来就像是在焦急地摸索着掉落的隐形眼镜。因此即便无法看到琵嘴鸭的大嘴，你也能通过这种古怪的游泳方式认出它们。

如果能很好地观察这不同寻常的喙，你会注意到它两侧的边缘都有凸起，这种结构可以留住小型生物，跟蓝鲸这样的大型海洋哺乳动物滤食浮游生物的原理一样。

除了喙的形状以外，雌性琵嘴鸭在外形和羽色上与其他河鸭雌鸟，如绿头鸭、赤膀鸭等相似，都是斑驳的棕色。飞行时，雌雄都会显露出两翼上的灰蓝色区域。雄性琵嘴鸭是我们外表最为独特的雁鸭类之一，它们有着油光锃亮的深绿色脑袋、栗色的两胁及雪白的胸部，活像是舞台上小丑的装扮。飞入空中或从你头顶飞过时，它们像是被又长又宽的喙牵引着，同时还发出奇怪的、机械式的“g-dunk”叫声。

琵嘴鸭是英国相当少见的繁殖鸟，大约有不到1 000对散落分布在低海拔地区的湿地和浅湖。但到了冬季，数千只来自欧洲大陆的琵嘴鸭大大充实了我们本土的种群，它们在湖泊和砾石坑中聚成小群，主要见于英国南部。与绿头鸭不同，琵嘴鸭的性格相当羞涩，所以你不太可能在本地的公园池塘里见到它们争抢面包。

青山雀

或许除欧亚鸲和欧乌鸫以外，没有任何一种花园里的鸟类能够像青山雀一样，博得我们如此多的好感。它的脸颊可能就是其受欢迎程度的线索。这种体长只有12厘米，体重只有11克（不到0.5盎司）的小鸟能打赢那些比它更重的家伙，它在喂食器上驱赶更大的鸟儿，当人工巢箱挂出来之后往往也最先安家落户。

青山雀是所有英国鸟类中分布最广的鸟儿之一，只要在有树的地方就能看到它们。尽管被人视作花园鸟类，青山雀最喜欢的栖息地还是落叶林地，尤其是橡树林。它们还有个特别之处，就是每窝最多能产16枚卵，这在所有的鸣禽里都算得上是最大的窝卵数了。巢箱会因此变得非常拥挤。

青山雀易于接近的性格与独特的羽色搭配都使得它们大受欢迎。再无其他的英国鸟类拥有蓝色的顶冠和两翼、橄榄绿色的背部及黄色的腹部。在人类的眼里，雌雄青山雀看起来可能都一样，但因为具有特殊的视觉能力，它们可以很清楚地分辨彼此。青山雀能够看到我们看不见的紫外光谱，科学家们已经发现雄鸟的蓝色顶冠羽毛能反射这种紫外线，以此反映其健康状况。更有优势、更富有经验的雄鸟会反射更多的紫外线，据推断雌鸟会利用这一特征来挑选最合适的配偶。

青山雀还有着喜好恶作剧的名声。1693年，法国教士让·安贝尔迪神父写道：“尽管这种淘气的鸟类很小，它却能用爪子和喙造成不

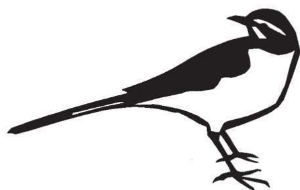
小的破坏。”他其实是在抱怨青山雀撕纸的习性，它们习惯于撕开纸一般的树皮来找昆虫吃，所以有撕纸的行为也就不奇怪了。

到了20世纪中叶，青山雀将捣蛋技能提升到了新的高度。它们会撕开放在门廊上的牛奶瓶的铝箔瓶盖，这样就能吃到瓶里的奶脂。有的青山雀显然非常渴望瓶里的东西，它们甚至会等着送奶车的到来，还会沿街一直追赶送奶车。但随着这种配送牛奶方式的减少，以及我们出于健康考虑把全脂牛奶换成半脱脂牛奶，青山雀的偷奶行为已经基本消失了。

灰鹡鸰

很少有其他的英国鸟类像灰鹡鸰一样迷人，它们能发出尖锐而富有穿透力的鸣叫，音色清脆且有金属质感，即便在山间溪流旁或城里的高速路上也清晰可闻。

尽管名字里带有个“灰”字，但它们身上却带着大量的黄色，因而时常容易与近亲黄鹡鸰相混淆。不过黄鹡鸰生活在农场里开阔的漫水草地上，并且只会在春夏季出现，而灰鹡鸰全年都和我们待在一起。



在繁殖季节，雄性灰鹡鸰可谓相貌堂堂，它们有着白色的髭纹和黑色的喉部，再搭配青灰色的背部和柠檬黄色的腹部。到了冬季，雄鸟褪去喉部的黑色，样子变得和雌鸟、幼鸟相似，上体为灰色，腹部白中带粉，尾下还沾有一些黄色，长长的尾巴不停地上下摆动。

灰鹡鸰总在光影效果出众的地点繁殖，比如水流湍急的小溪和河边的荫蔽之处，这也为它们增色不少。灰鹡鸰常站在水中浪花泼溅的岩石上，阳光透过树冠化作光点，洒在它们身上。它们将巢筑在桥下、水闸闸门旁或水堰附近，这些地方迅急的流水能为它们和后代提供源源不断的昆虫。

当你观察它们在水边踱步、从土中啄取昆虫、飞入空中抓取蜉蝣时，最吸引你的还是那条长尾。尾部的长度几乎与身体相当，总是一上一下地晃动，使得灰鹡鸰的轮廓在激流背景下显得模糊。有时尾部又会短暂地如扇子般展开，露出白色的外侧尾羽，在透过溪边重重树叶的阳光的照射下分外靓丽。与之相比，本身也很有魅力的白鹡鸰看起来就显得身材矮胖且尾短了。

秋季，随着高地上的溪水渐渐变凉，昆虫渐渐变少，灰鹡鸰常常离开水边的家园，飞进城镇。城区较高的温度提供了足够的热量，吸引来昆虫，于是它们不再留恋激流中的岩石，而是沿着我们屋脊上的

瓦片飞行，或沿着污秽的水沟觅食。它们尖锐的鸣叫穿透了嘈杂的交通噪声。虽然这是一个完全不同的世界，但这种优美的鸟类显然也能从中获益。

白尾鹞

一个寒冷的冬日下午，天光越来越暗，回家的冲动也越发强烈。但你如果真的这么做了，就可能正好错过观鸟年历中最惊心动魄的奇观之一——向夜栖地飘飞的白尾鹞。

与其他的鹞相似，白尾鹞也有着长翼和长尾。它们是优雅的猛禽，在湿地或荒原上捕猎时总会飞得很低。当白尾鹞搜索猎物，要把田鼠或小鸟驱赶出来时，它们的身躯紧贴着大地的轮廓，沿着河道的方向渐渐消失在山丘之后。一旦惊起了草地鹨之类的小鸟，白尾鹞就变得异常敏捷，对于体型如此之大的鸟儿来说非比寻常。它们扭转俯冲，伸出锋利的爪子，直接在半空中抓住不幸的小鸟。

雄性白尾鹞周身披着珍珠灰色的羽毛，翼尖为黑色，在苍茫的冬日荒原的映衬下，如银鸥般浅淡。在有些光线下，它们看起来泛着蓝色，所以它们的古英语名字就叫“蓝鹰”，而它们在荷兰语中的名字直译过来就是“蓝色的偷鸡贼”。雌鸟和幼鸟为棕黄色，翼上有方格栅状的图案，腰部有一道宽大的白色条带，尾背部有好几道深色横斑，这也是它们经常被称作“环尾鹰”的原因。它们主要出现在宽广、开阔的旷野，比如长有石南的荒野、沼泽和沿海湿地，这些地方植被茂盛，足以隐藏大量的鼠类和小鸟。

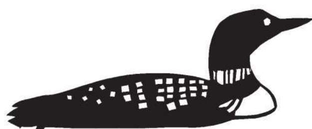
冬日里，英国的大部分地区都能见到白尾鹞。傍晚时分，盘旋了一天的鸟儿开始向高草地或灯芯草丛这样的夜栖地聚拢。咸水沼泽也是它们所喜欢的夜栖地。冬日的傍晚，看着白尾鹞在夕阳中飞临泰晤士河的河口三角洲，它们瘦长的剪影映衬着远处一家炼油厂的闪烁灯

影，真是让人终生难忘的一幕。

春季白尾鹞会向北迁徙，到高沼地或新种下的林地去繁殖。雄鸟展示其“空中舞蹈”，垂直地向地面俯冲，在最后一刻又反向拉起，一遍一遍地重复。当它们在石南丛生的荒原上表演起这种惊人的特技时，它们就是在宣告潜在的筑巢地点。一旦雄鸟找到配偶，它们就已经选好了营巢的地点。你如果足够幸运，就能看到雄鸟的递食行为：雄鸟在半空中将食物抛给雌鸟，这正是交配的前奏。

然而，白尾鹞醒目的羽色和招摇的求偶方式也带来了弊端。由于以雷鸟的雏鸟为食，它们引起了英国各地一些农场主和猎场管理员的不满。即便白尾鹞受到法律的完全保护，非法偷猎也一直存在：2013年没有任何一对白尾鹞在英格兰成功繁殖，自20世纪60年代以来，这种情况还是首次出现。同期的研究表明，如果没有非法猎杀，我们的高地足够容纳300多对这种雄壮的鸟儿。

普通潜鸟



水库看起来也许并不是很有吸引力的栖息环境，然而到了冬季，巨大的开阔水面对于水鸟而言却像一块磁石，对于渴望看到鸟儿的观鸟者来说同样如此。在成群的野鸭和鸬鹚当中，你也许还能看到另外一种鸟，它们常常会长时间潜到水下，因此很容易被错过。这就是普通潜鸟。

正如它们的英文名（great northern diver）所示，普通潜鸟本不属于英格兰南部这些由水泥浇筑而成的水库。它们是真正的荒野里的鸟类，繁殖地位于加拿大、阿拉斯加、美国北部各州的偏远地区，从格陵兰向东延伸至冰岛，那是它们在欧洲唯一的前哨。

繁殖地的那些被密林环绕的湖泊间回荡着普通潜鸟的阵阵哀鸣，这个声音也萦绕在每一部以北方边远森林为背景的电影里。然而美国人却浪费了这种鸟的浪漫形象，坚持称它为“普通潜鸟”（common loon）。

普通潜鸟的声音已经足够惊人，它的外貌也同样不凡。它身形壮实，长着匕首一样的喙，流线型的身躯有如潜艇一般。它的羽色黑白相间，带有条纹、斑点和虚线般的图案。

在水面上，它们将身躯伏得很低，一遇到危险就悄无声息地潜入水中。在水面以下追逐鱼类时，它们就变成了流线型的制导导弹，最前端是强有力的喙，巨大的脚蹼则在身后提供推力。到了岸上，故事就完全不同了。在这里，它们变得十分笨拙，由于腿长得太靠近身体后部，以至于行走不便，它们需要紧挨着水边筑巢。

每年冬天大约有2 500只普通潜鸟会来到英国海滨，其中大多数是在爱尔兰以及苏格兰北部的近海。许多来此越冬的潜鸟都来自最近的繁殖地冰岛，但也有一些是从格陵兰甚至加拿大长途迁徙而来的。

关于它们会在偏远的苏格兰湖泊繁殖的传言一直存在，阿瑟·兰塞

姆还曾以此为前提创作了一本小说《普通潜鸟？》。但如果仔细核对过去的记录，你就能发现并没有确凿无疑的证据。尽管如此，夏季来临时，还是值得在苏格兰的边远之地留意这种充满魅力的鸟类。某对普通潜鸟有一天也许就决定留下来繁殖了。谁知道呢？与此同时，在这个冬天也好好查看离你最近的水库吧。

2月

白额雁

绿头鸭

赤颈鸭

大斑啄木鸟

苍头燕雀

鹪鹩

林岩鹨

长耳鸮

太平鸟

加拿大雁

云雀

红嘴山鸦

鹦交嘴雀

角□□

小斑啄木鸟

红腹锦鸡

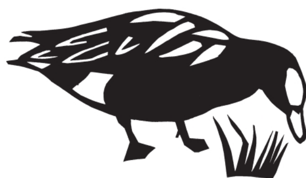
大鸨

黑喉潜鸟

反嘴鹬

扫码欣赏图片和鸟鸣

引子



2月虽然是最短的一个月，但有时好像时间也够长了。我们厌倦了冬季，对春天翘首以盼，沮丧地迎接每一次严寒、洪水或降雪—然而并不是只有我们才这样。2月对鸟类来说也很难熬，因为它们的食物供应减少，而冬天还牢牢控制着这片土地，舍不得离开。

太平鸟就是最顽强且最受花园欢迎的访客之一。凭借其引人注目的色彩和富有异国情调的发型，它经常出现在城镇和城市花园中，不断寻找食物。成群结队的太平鸟可以在最没指望的地方找出浆果，然后乌泱泱地挤在树上，杀得留鸟槲鸫措手不及，后者根本不知道该怎么保卫自己的存粮。太平鸟应该得到一枚奖章，与其他鸟类相比，它可能吸引了更多的普通人加入观鸟“大业”。

每年这个时候，我们的花园成了重要的补给站。对于芦苇莺和黄鹀之类的农田鸟类来说，乡村花园里的喂食器是重要的生命线。不论是在城镇还是在乡村，什么事都可能发生。当欧金翅雀和红额金翅雀聚集在种子分播器周围时，留心混在里面的燕雀、朱顶雀和黄雀。要是你再匀出一两颗苹果，搞不好会吸引到白眉歌鸫、田鸫，以及欧歌鸫和欧乌鸫，在天气恶劣时尤其如此。对欧乌鸫来说，得到的食物很少或者压根没吃到东西，就需要靠燃烧体内脂肪来保持体温，在短短几天内，它们便命悬一线。

然而，2月变化无常，在天气稍微温和一点的时候，这些欧乌鸫会在屋顶尝试一两种实验性的春季鸣唱。下半月，苍头燕雀也会有规律地鸣唱，这时，羞涩的风铃草冲破林下厚厚的落叶层，冒出羽毛球似的绿叶，白屈菜开出繁星般的黄色小花。

当听到雪莱的“欢乐的精灵”—云雀在长满冬季谷物的田野上歌唱时，你就知道春天即将来临，这通常是在快到月底的时候，不过具体时间取决于你是在不列颠群岛的北部还是南部。这个月最明显的春天

声音之一根本不是一首歌。在林地和公园，差不多在任何有大树的地方，都能听到大斑啄木鸟在敲击木头。这种鸟通过用喙不断敲击树枝甚至是电线杆来宣示自己的领域；因为近几十年来大斑啄木鸟的数量大为增加，所以我们听到这种声音的次数比以往要多。要是你运气够好，没准你还能听到小斑啄木鸟的敲击声。这些小啄木鸟只在英格兰和威尔士繁殖，它们虽然也会敲击果园或者树篱里的小树，但更倾向于在林地里高高的树冠层活动。

春天的热浪已经波及秃鼻乌鸦，它们正在偷木棍，在寒风凛冽的、光秃秃的树顶重新筑巢。苍鹭用的手段也差不多，只是规模要更大一些，而渡鸦现在已经在巢中孵卵了。雀鹰开始进行求偶炫耀，在领域上空急转飞行，它们的领域在林地或多树的公园里。在西部和南部的某些森林里，你也许能看到正在炫耀的苍鹰，当它在针叶树上空翱翔时，白色的尾下覆羽蓬松得就像一颗小绒球。

尽管有这些春天的假象，但是冬天说回来就回来。“2月春汛”（February Fill-dyke，直译为“2月的洪水灌满堤坝”）这个名字很形象，它是对已经下透了雨又还有充沛水量的月份最好的描述。当河道延伸到田野的时候，被淹没的景观吸引了成群的天鹅、赤颈鸭和其他野鸭，它们在洪水的边缘紧紧地挤在一起吃草，就像一群群五颜六色的小绵羊。

在我们头顶，凤头麦鸡疲倦地扑腾，尖翅膀的欧金鸻在灰色积云的映衬下闪着白色和琥珀色的光芒。池塘周围杂乱的植被中会有姬鹬，它们像往常一样神秘，几乎不可能被看到，除非它们从你脚下飞起来。在覆盖着厚厚淤泥的河面上，桃白色的普通秋沙鸭用锯齿状的嘴捕鱼，更多是靠触觉而不是视觉。翠鸟在这些单调的褐色环境中寻找地方，并坚守在边缘地带，那里至少还有在清澈的浅水中发现猎物的机会。

虽然冬天仍然控制着我们的大部分岛屿，但每年这个月的最后几天，肯定会有一两只早熟的候鸟来到这里：一只刚从撒哈拉沙漠穿越而来的崖沙燕，或者一只在沿海岬角欢快蹦跳的穗䳭。这些鸟儿是先遣部队，它们标志着季节的变化，以及春天不可阻挡的到来。春天近在眼前了。

白额雁

尽管鸟与人类一样，都是安于所习的生物，但没谁能像白额雁这样墨守成规，每年回到祖祖辈辈使用的越冬地。这些越冬地主要分布在爱尔兰东南部、苏格兰西部以及塞文河口三角洲的沼泽与咸水湿地，少部分散落在其他地方，比如埃塞克斯以及肯特郡北部的海岸沼泽里。那些广袤而荒凉的大地上回响着白额雁富于韵律的鸣叫—听着像一群友善的狗在吠叫—这是冬季最典型的声音之一。

白额雁的英文名字（white-fronted goose）源自它们嘴基明显的白斑，这块白斑一路延伸至头部（front一词源自法语，指前额），但是在远处很难看清楚。这时你就要依靠那种高频的鸣叫把白额雁与越冬地的其他灰色雁区分开来，比如粉脚雁和灰雁。在一个寒冷的下午，当雁类排成长长的“人”字形从头顶飞过时，你也会听到这种鸣叫，那是白额雁在飞回自己的夜栖地。

尽管白额雁对入侵者十分警觉，但是你如果能设法靠近，那么就

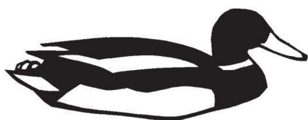
会发现它们有另一种十分显著的特征，即腹部有宽宽的黑色横纹。比它们罕见得多的近亲小白额雁也具有类似特征。

白额雁是一种相貌清秀的鸟类，但是现在很稀少了，在格陵兰岛，它们的数量正在急剧下降。部分原因是春季降雪增多，影响了它们的繁殖与进食，另一个原因则是更大也更具攻击性的加拿大雁的竞争。加拿大雁的种群正在向北极地区扩散，逐渐压缩更瘦弱的白额雁的生存空间。

秋冬季节在英国所能见到的16 000只白额雁中的大部分都来自俄罗斯，但苏格兰与爱尔兰同时也是白额雁一个独特亚种的全球种群的越冬地。这些白额雁的格陵兰亚种在格陵兰岛西部的苔原上繁殖，它们的腹部有更多的黑色条纹，颜色看起来更深，喙的颜色则偏向橙色而不是粉红色。

但是无论你见到的是哪种白额雁，它们都能唤起人们对荒野的感觉，并给我们冬季的大地带来一丝北极苔原的印记。

绿头鸭



在当地公园的池塘边喂上一两个小时的鸭子，可能绝大多数时间吸引到的都是绿头鸭，它们会争先恐后地抢夺大块的面包。尽管这些鸟类看上去如此熟悉，但其实有些绿头鸭是从超出人们想象的远方迁徙而来的。

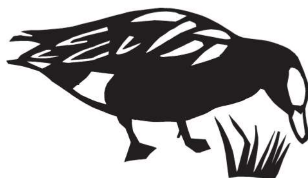
绿头鸭是数量最多、分布最广的野鸭，任何有淡水的地方都会有它们的存在。因为它们无所不在，我们就对它们习以为常。其实很少有鸟类能比雄性绿头鸭在外观上更加吸引眼球了。它们有闪着金属光泽的深绿色头部，还有白色领环和卷曲的黑色尾羽—20世纪50年代的一种时尚发型“DA”的名称就由此而来，它的意思是“鸭屁股”。

绿头鸭的英文名字（mallard）与单词male（意为“雄性”）有着共同的词源，最初这个名字专指公鸭，但是现在也指它的配偶。绿头鸭雌鸟羽色更暗淡，全身布满深褐色和浅褐色的斑点。与这种朴素的外观相反，雌鸭的叫声异常响亮，是一种特别的捧腹大笑的声音。我们很熟悉这种呱呱叫，它与雄鸟柔和的喘息声完全不同。

绿头鸭通常在河流、池塘和湖泊旁边长草的沼泽地里繁殖，但是有时也在树洞中筑巢。还有一些鸟选择公开的筑巢点，比如窗外的花台、屋顶花园，以及高楼上的窗棂。这些地点迫使那些刚刚离巢的雏鸭具备从高处一跃而下的胆量，它们还需要经过一段并不安全的旅程才能到达最近的水域。

但是这段路与一些绿头鸭迁徙到此处来越冬的旅程相比，简直就是在公园中散步了。进入深秋以后，从欧洲大陆飞来的绿头鸭候鸟加入本地留鸟，使得英国的绿头鸭数量翻了2倍，达到67万只之多。其中一些绿头鸭从遥远的俄罗斯飞来，它们混入本地的鸭群，甚至在城镇公园里也常常出现。因此，尽管这些在公园里争抢面包的鸭子看上去似曾相识，但是它们也许出生在几百甚至上千千米以外。

赤颈鸭



2月的一天，雾气弥漫，在一片朦胧的咸水湿地里只能看见最近处的几只水鸟。这时，一阵仿佛群狼嚎叫的声音穿透了昏暗与阴霾，那说明雾中的某处有一群赤颈鸭。

赤颈鸭与它们的近亲绿头鸭、琵嘴鸭、绿翅鸭同属河鸭类，但与近亲不同的是，它们在陆地生活的时间与在水中的时间差不了多少。在陆地上，它们用那蓝灰色的短喙啃食水边的草皮。雄性赤颈鸭是英国最英俊的野鸭之一，它的头部为栗色，前额为奶黄色，而身体呈浅灰色，与其他颜色形成赏心悦目的对比。雌鸭和雏鸭的羽色像秋天的树叶，混合着棕色、橙色以及灰白色。

只有不到500对赤颈鸭在英国繁殖，它们大多位于苏格兰偏远的湖泊，雌鸭带着自己珍爱的孩子在那些清澈如镜的水面上觅食。到了秋季，大约有50万只赤颈鸭从北方和东方迁徙而来，它们极大地壮大了这个小的赤颈鸭繁殖种群。这些候鸟的繁殖地位于冰岛、斯堪的纳维亚以及俄罗斯的北极地区，有一些鸟儿甚至从遥远的西伯利亚东部长途跋涉而来。

最适合观看大群赤颈鸭的地方通常位于河口三角洲地区，在那有充足的野草可供鸟儿食用。退潮时，它们喜欢吃那些裸露的鳗草；涨潮时，它们要么浮在水面上，要么游上岸，食用水边的那些草坪。

你常常能看到这些赤颈鸭紧紧地聚在一起，样子古怪得像是被围栏围住的羊群。它们也确实与羊一样，是高效的食草动物和优秀的造粪机，这在位于兰开夏郡和默西赛德郡的里布尔河口之类的地方尤为明显，在那边过冬的赤颈鸭多达8万只。赤颈鸭鸭美歌甜，它们发出的惊人合唱常常是冬日观鸟活动中的一段难以磨灭的记忆。

大斑啄木鸟

在一个明朗而微凉的二月天里，当那些开工早的鸣禽正准备放声鸣唱时，有一种鸟儿却在用一种不太寻常的方式捍卫自己的领域：它用喙快速敲击中空的树干。

大斑啄木鸟就是我们森林里的重金属乐迷。在这冬去春来的时节，它们确实知道该如何吸引我们的注意。它们持续而响亮地敲击树干和树枝，宣示自己的领域。当然，并不是所有的老树虬枝都管用。关键是要让声音传得更远，所以大斑啄木鸟雄鸟总是会回到音效最好的敲击点。有些鸟甚至会选择敲击电线杆上的金属片，这样可以发出惊世骇俗的响声，确保能够吓退它们的竞争者。

现在我们都知道啄木鸟是通过快速敲击鸟喙来发出一连串咚咚声，这种敲击的频率高达每秒钟40次。但是这个结论被广泛接受的时间并不太久，很多鸟类学家曾经认为那种声音是由啄木鸟的喉咙发出的。这个问题是由一位名叫诺曼·普伦的观鸟者在1943年解决的。他把麦克风插入一株死去的大树，同时观察啄木鸟敲击树干的频率，很快就发现他所听到的声音与鸟喙敲击木头的动作完全一致。

但这并没有解决另一个重大问题，那就是为什么这种不断敲击的

鸟类不会头疼。我们现在知道，包括大斑啄木鸟在内的所有啄木鸟都长着一种海绵组织，它垫在鸟喙和头骨之间，可以吸收大部分的撞击力。

在一年中的多数时间里，大斑啄木鸟都不会发出击打声，这时它们就变得非常隐秘了，因为这些鸟只会在树冠层悄悄地飞来飞去。但是鸟儿发出的尖锐的“chik”声常常泄露它们的行踪，当啄木鸟从头顶飞过，或者暂时停在附近的大树顶上时，它们都会发出这样的声音。一旦熟悉了这种特别的叫声，你就会吃惊地发现它们是如此常见，甚至在我们的城镇里，这些鸟也会定期拜访人工的喂食器，这会吓退一干体型更小且不那么坚定的鸟类。大斑啄木鸟的外形很是俊朗，它们长着对比鲜明的黑色和白色羽毛，也因此一度被叫作“黑白斑啄木鸟”。

我们林区的许多鸟类的数量在过去几十年里都在下降，而大斑啄木鸟则有着截然不同的趋势。它们的数量迅速增长，自从20世纪60年代末以来，总数已经增长了4倍以上。

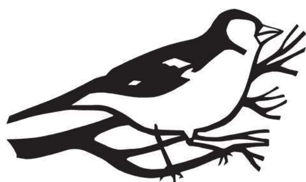
这也许是因为它们充分利用了我们放置的喂食器，但这也可能是椋鸟的数量同期下降的结果。椋鸟会与大斑啄木鸟争夺筑巢用的树洞，而且在发生冲突的时候，椋鸟通常是胜利的那一方。

大体而言，啄木鸟并不愿飞越辽阔的水域，这就能解释为什么在欧洲大陆有10种啄木鸟，而英国只有3种（另外还要加上罕见的蚁□）。不久以前，爱尔兰还是欧洲唯一没有啄木鸟的国家，因为爱尔兰海对于英国的鸟儿来说就是天然屏障。但在几年前，爱尔兰东部沿海的林区发现了大斑啄木鸟，现在这种鸟已经在那里稳定繁殖了。这些新到的拓荒者也许是从不列颠渡过爱尔兰海而来，但是啄木鸟有时候也会从斯堪的纳维亚横渡整个北海，迁徙到英伦诸岛。不论它们从何而来，这些爱尔兰的大斑啄木鸟与英国同类的数量不断增长，都是值得庆祝的成功故事。

苍头燕雀

在2月里一个气候温暖的日子，你也许能听到一串急促的旋律，它的节奏越来越快，直到结束，这种架势可以与带球跑动的板球运动员相仿。这声音来自我们最普通，分布也最广泛的鸟类之一——

苍头燕雀。雄鸟发出的熟悉旋律预示着春天正在来临。



但是你听到的苍头燕雀的鸣唱也许有不同的版本，这取决于你所在的地方。这种鸟与多数其他鸟类不同，它们有明显的地方口音。例如在苏格兰的一些地区，苍头燕雀又被叫作“姜汁啤酒鸟”，因为它们的歌声中最后三个音节的发音就像是在酒吧里点这种传统软饮料一样。

苍头燕雀雌鸟可能会被误认为是家麻雀，但它们在飞行的时候会露出清晰的白色翼斑和泛着绿色的腰部。雄鸟则有着灰蓝色的头部、粉红色的脸颊及胸腹，肩部还戴着亮白色的“肩章”，它的相貌绝不会被弄错。

在英国，苍头燕雀可以与欧亚鸲争夺最常见繁殖鸟排行榜的亚军（冠军是鹪鹩）。它还是我们分布最广泛的鸟种之一，它的栖息地遍布城乡，从城市公园和花园到苏格兰高地上的松林，以及这两个极端之间的广大区域，都有它的身影。

苍头燕雀的英文名（chaffinch）指的是它们有成群聚集在留茬地里的习性。它们通常与其他鸟类混在一起，在麦麸中捡食谷物。在过去没有机械化种植的年代，农田里常常有溢出和散落的谷物，而秸秆也会在地里存留很长时间，那时候冬季的鸟群分布更加广泛。包括18世纪的作家兼博物学家吉尔伯特·怀特在内的一批观鸟者发现，苍头燕雀在冬季有雌鸟和雄鸟分开集群的特性，因此它们也得到了一个“单身燕雀”的外号，不过今天这种习性似乎已经不那么明显了。

如今在一些地方还有苍头燕雀的单身群存在，但让人遗憾的是，这并非出自它们的本意。在比利时北部的佛兰德地区，苍头燕雀因出众的歌唱能力而被人类拿来争斗，这种比赛在当地被叫作“vinkensport”，也就是“燕雀运动”的意思。人们把一排鸟笼挂在开阔地，每一个笼子里有一只苍头燕雀雄鸟。那些鸟因为邻近雄鸟的存在就开始鸣唱，而一个计数器记录了每只鸟鸣唱的歌曲数目。在一个小时的时间内唱出最多完整曲子的雄鸟就是优胜者—比赛规则规定，一首完整的曲子需要包含曲末的那段华彩乐段。

鹪鹩

作为我们最小的鸟类之一，鹪鹩的声音确实太响亮了。它会突然在灌木丛里爆发出一串震耳欲聋的单音，而且这声音飞快地连续发出，相互融合后变成了一种颤音，最后以一个华彩乐段结束。当那位歌唱家露出真容时，它在篱笆或者灌木顶端短暂停留，得意扬扬地翘起尾巴，嘴巴大张，浑身颤抖，仿佛用尽力气来发出响亮的领域宣言。

在一年中的大部分时间里，鹪鹩都不像我们描述的那样外向。这种尾巴短小、身体敦实的小鸟通常像老鼠一样在河岸边的植被里或岩石的缝隙间窜来窜去，用那又短又尖的喙探寻着小昆虫和其他无脊椎动物。寒冷的冬季，鹪鹩在夜间依偎在一起抵御严寒，有时它们会挤在旧巢箱中，人们在单个巢箱中最多统计过61只鹪鹩。

鹪鹩的学名*Troglodytes troglodytes*来自古希腊语“穴居者”。这种寻找食物与庇护所的超凡能力，意味着它们尽管体型较小且容易受到热量损失的影响，但是几乎可以在任何地方生存，从悬崖峭壁和偏远的岛屿到郊外花园和城市公园，都有它们的身影。它们除了对栖息地有着广泛的适应性以外，还能在每个繁殖季生育两窝后代，每窝有5到6只幼鸟，这样非凡的能力使得鹪鹩在英国最常见鸟类排名中遥遥领先，有接近800万对繁殖鸟。

鹪鹩雄鸟的生活并不轻松。它们那些挑剔的配偶需要雄性建造多达六七个的“雄性鸟巢”。它们利用超凡的建筑技巧把苔藓、青草和羽毛编织成宽松的球形鸟巢，这些鸟巢被安置在它们领域周围的不同地点，其中包括灌木丛和老房子，甚至连挂在棚子里的旧衣服的口袋都会是它们的筑巢点。当雄鸟完成了这样赫拉克勒斯式的工程之后，雌

鸟才会选择其中一个鸟巢产下那窝珍贵的鸟蛋，而这也意味着雄鸟的大多数筑巢工作都白做了。

雌鸟开始忙于孵卵，之后又给雏鸟饲喂昆虫和蜘蛛，与此同时，雄鸟则继续鸣唱它们的歌曲。在北美，这种鸟被十分恰当地叫作“冬天的鹪鹩”。雄鸟的鸣唱一直持续到秋季和冬季，因此在英国几乎没有哪个月听不到鹪鹩那充满爆发力的歌声。

林岩鹨

人们说，你不能通过封面去判断一本书的内容，有些最生动的小说却装订在土灰色的封皮里面。这个道理也适用于鸟类世界，很少有英国的鸟类像林岩鹨这样平凡无奇，但是也很少有其他鸟类在两性关系上会像它们这样混乱而又不可预知。

在一年中的大多数时间里，林岩鹨（俗称“树篱麻雀”）的典型形象是在喂食器下徘徊或在花园篱笆底部寻觅昆虫的棕灰色小鸟。但是到了早春时节，它们突然变得十分外向，高高地站上树篱或花园灌木的顶端，唱起杂乱无章的歌曲。

尽管它们的俗称里有“麻雀”二字，但它们不是真正的麻雀，它们属于岩鹨科。该科有六七种鸟生活在欧亚山地，其中只有林岩鹨延伸了自己的分布范围，从高山下到平地，并适应了树篱和林地中的生活，之后还适应了我们的花园。

在英国，林岩鹨还是杜鹃幼鸟的重要宿主，莎士比亚也知道这一点。《李尔王》中的弄人有一句台词：

篱雀养大了杜鹃鸟，

自己的头也被它吃掉。

这只是林岩鹨的私生活的一个方面，几个世纪以来一直被人类熟知，但是这种鸟的婚配习性却在相对晚近的时间才被人发现。我们通常认为鸟类是一夫一妻制，它们的配偶关系保持终老，或者至少在一个繁殖季里彼此之间保持忠诚。但是林岩鹨要前卫得多，它们的婚配制度既包含“一妻多夫”，也就是一只雌鸟同时与多只雄鸟交配，也包含“一夫多妻”，即一只雄鸟和多只雌鸟交配。

有些领域是被两只雄鸟共同占有的—其中一只处于支配地位，另一只则处于从属地位—它们都会鸣唱，也会和同一只雌鸟交配。这就

是你常常能看到三只甚至四只林岩鹨在春天的花园里振翅的原因，每一只鸟都在竭力争斗，以赢得那场残酷的竞争，把自己的基因传到下一代身上。

长耳鸮

在一个寒冷、清爽的2月夜晚，只有脚下冰霜的噼啪声打破松林里可怕的寂静。突然间，黑暗中传出一阵气喘吁吁的号哭声，那是长耳鸮在求偶。

长耳鸮悲哀的鸣叫听起来有点像是人朝玻璃瓶口吹气，这声音要比灰林鸮那为人所熟知的呼号声柔和得多。和灰林鸮一样，长耳鸮也是夜行性鸟类，并且是英国的繁殖鸟类当中最难以察觉、最容易被忽略的鸟类之一。它们通常在针叶林、灌木丛和防风林里营巢，紧邻着开阔的草地和石南地，以便猎捕鼠类。

长耳鸮在不列颠群岛并不常见，其中大部分还分布于爱尔兰的北部和东部。这些鸟经过时也几乎不被察觉，因为很少有人会在冬季末尾冒险走入黑暗的针叶林。但是如果你在每年的这个时节选择一个无风的夜晚，在合适的地方仔细聆听，那么你也许就能幸运地听到那种低沉的啸叫了。

长耳鸮常常占用废弃的乌鸦巢或者松鼠洞，它们在其中产3到4枚灰色的圆形卵。这些卵很难被发现，因此，为了更有效地研究这种鸟类，东安格利亚地区的鸟类学家正在诱导长耳鸮在柳条篮中营巢。

当长耳鸮的幼鸟第一次离巢时，它们会持续鸣叫着索要食物，那

声音像是嘎吱嘎吱的开门声。在夏季的傍晚，我们可以通过这种声音判断长耳鸮的繁殖是否成功。

尽管在春夏季节长耳鸮并不常见，但是到了秋季，从欧洲大陆飞来的长耳鸮会壮大我们本地的小型繁殖种群。这给我们提供了观察长耳鸮的良机，这些鸟通常会在密林中选择同一个夜栖地群聚在一起，在白天，你有时也能透过重重的枝叶瞥见它们独特的轮廓。如果你确实看到了一只长耳鸮，那么请注意它的“耳朵”—那并不是真正的耳郭，而只是两簇竖起的羽毛—以及它周身上下醒目的棕色、黑色和米色的羽饰，那花波就像波斯地毯一样繁复。

太平鸟

在大多数观鸟者的罕见鸟类观察点清单上，超市的停车场应该排不到前列。但在冬季也许有必要破一次例，去那里聆听来自头顶的一种像雪橇铃声般的颤音。这并不是圣诞老人再次到访，而是一种信号，它告诉我们这是一个有太平鸟出现的冬季。

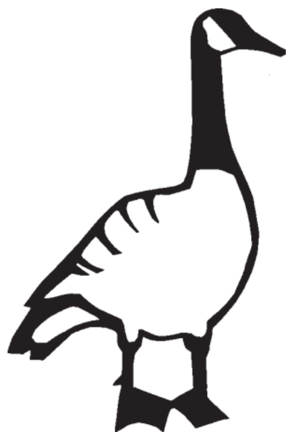
太平鸟体态圆润，大小和椋鸟一般，它们在俄罗斯以及斯堪的纳维亚北部地区那些广袤的针叶林中繁殖，在亚北极区短暂的夏季，它们饱餐飞蝇，积累脂肪。到了冬季，它们就会西进南迁，饱餐浆果；如果欧洲大陆上食物短缺，它们还会蜂拥进入英国。当这些顶着朋克发型的小强盗密集地聚在你们本地的超市停车场周边的灌木丛上时，那种奇特的景观保证能吸引每个人的注意。

太平鸟确实是众人关注的焦点，它的羽毛为奶咖色，有丝绸的光泽感，眼罩为“独行侠”式，羽冠为长长的莫西干式，尾端呈黄色，某些飞羽的羽轴上还带着奇怪的红色斑点，像是信封上的蜡戳。太平鸟的英文名字（waxwing）也就因此而来。在飞行时，太平鸟很像一群椋鸟，但是当它们停栖的时候，你就能看见那些长长的羽冠，哪怕在剪影中也很清晰。

太平鸟温和的个性是它们最惹人喜爱的地方，当这些鸟追寻着爱吃的果实进入城镇时，它们就给我们提供了近距离观察的机会。在所谓的“太平鸟年”里，到了秋冬季节，这些带着异国风情的鸟成百上千地结集成群，出现在我们的花园中，甚至来到城市中央，尤其是那些种植了果树行道木的地方。

它们非常喜欢花楸果与枸子，但是也能吃其他的果实，从苹果到槲寄生都是它们的食物。它们用先砸后抢的方式洗劫果树，一只鸟每小时可以吞咽多达100颗的浆果，之后它们会停在大树顶上或电视天线上消化那些劫掠来的食物。一大群太平鸟很快就能吃光一个区域内所有的浆果，之后它们就马不停蹄地移动到下一个区域，飞离时还在发出那种雪橇铃声般的鸣叫。

加拿大雁



在北美家乡，迁徙的加拿大雁群给无数的歌曲和诗篇带来了启发，由安娜·帕奎因和杰夫·丹尼尔斯在1996年主演的大获成功的儿童电影《伴你高飞》就是其中之一。

在英国这边，我们对于这种傲慢而固执的大雁却没有那么多浪漫的情感。长期以来，民间一直有要清除这种嘈杂鸟类的呼声，人们不希望它们继续侵占我们的池塘，破坏周边的草地，以及欺凌那些体型更小的野鸭、骨顶鸡和黑水鸡。

我们对于这种鸟的态度之所以与大洋彼岸的表亲们截然不同，原因很简单。如加拿大雁的名字所示，它们的原生地在北美，英国的加拿大雁都是人为引入的外来物种。公平地说，它们来到英国的时间已经很长了，它们在英国的第一笔记录出现于三个多世纪前的1665年，那时英国的日记作家约翰·伊夫林把加拿大雁写进了查理二世国王在伦敦圣詹姆斯公园的私人雁鸭名录。

加拿大雁有着硕大的体型、醒目的斑纹，尤其是黑色的颈部以及面部的白色横斑，这些特征使得它们在18和19世纪成为私人庄园中非常时髦的点缀。其中的一些鸟儿不可避免地逃逸到野外，并很快喜欢上了我们的郊野和公园。

加拿大雁能够在小得令人惊讶的池塘和水道中繁殖，而且它们有

着高大的身材和凶猛的个性，使得那些猎食动物或者其他的雁鸭都无法靠近，所以它们迅速地繁衍扩散开来。今天在英国已经有10万只以上的加拿大雁了，它们主要分布在英格兰和威尔士的低海拔地区，但是在苏格兰和北爱尔兰的部分地区也有分布。

很少有其他的鸟类会像加拿大雁一样引起人类截然不同的好恶。许多人对它们充满了恨意，但是对于另一些人来说，当仪表堂堂的加拿大雁排成“人”字形从头顶飞过，发出浑厚而又嘹亮的鸣叫时，它们为我们恬静的乡村生活增添了北美的野性气息。

云雀

在一个阳光明媚的二月天里，走在乡间的你可能会遇见英国鸟类所能展示出的最生动的一种表演，那就是云雀的鸣唱。你即便听到了它的歌声，也很难看到这只鸟儿，因为它在鸣唱时高高飞在空中。

英国没有其他任何一种鸟类可以像云雀那样，在离地面如此远的空中盘旋，并持续唱出这么响亮而复杂的歌曲。它们高速扇动着翅膀，以保持悬停的姿态。当那只雄鸟在情敌面前炫耀，并试图给旁观的雌鸟留下强壮的印象时，它可以连续二十分钟鸣唱一首曲子，甚至唱更长的时间。

云雀的歌声是夏季标志性的声音之一，伴着这似乎不会停止的歌声，我们在高空中寻觅那只小鸟，它在蓝天下只是一个微小的黑点。但是，我们在冬季也能听见云雀的声音并看见它们，这时候它们要么群聚在收割后的田野里，要么是在预示着冬去春来的晴朗日子里，雄鸟再次开始鸣唱。

它们的羽毛像那些觅食地里的短秸秆一样斑驳，身形又像瘦长的麻雀，还长着一个短短的羽冠，以及宽大的、边缘为白色的尾巴。在刚刚犁过的田野里，它们在犁沟间食用谷物、种子和小型昆虫，这时它们的颜色看起来比周边环境浅很多，但是到了草地上，这种羽色就成了很好的伪装。云雀喜欢耕地和牧场混合的环境，随着混合农业的减少，云雀的数量也在下降。尽管现在它们仍然广泛分布于乡村地区，但是数量却在过去的四十年里减少了百万之多，这是农业模式改变以及使用杀虫剂的结果。

然而，云雀的第一声鸣叫一直被众多村民和观鸟者当作季节变换的标志，几个世纪以来，这声音已经获得了它应有的赞誉。用文字捕捉声音的精髓并不容易，但是乔治·梅瑞狄斯创作于19世纪的诗歌《云雀高飞》却比大多数作品做得更好，后来它又触发了作曲家拉尔夫·沃

恩·威廉斯的灵感，被谱写成了著名的乐曲：

云雀高飞，盘旋，

撒下一声声银链

不间断的珠串连音，

啾啼，哨鸣，连唱，颤音。

所有的声响互相缠绕，声传悠远，

像在潮水中落下的酒窝

涟漪激荡着涟漪，

漩涡带起了漩涡……

云雀那出众的歌声似乎也会带来危险，这鸣唱就像是一种音乐版的孔雀尾屏，它既能打动潜在的爱人，也能招来掠食者的注意。然而科学家发现，当一只灰背隼之类的猛禽靠近时，年长而有经验的云雀会比年轻的雄鸟唱得更响、更用力。这只勇敢的鸟似乎不怕吸引捕猎者的注意，而像是要把它们吓退。云雀的歌声仿佛在说：

“好吧，你如果够厉害就来抓我啊！”

红嘴山鸦

当你漫步于英国西部或者爱尔兰的海边小径时，你可能会听到不像寒鸦和海鸥的聒噪声那样熟悉的声音，这是一种悠长的“chow chow”声，那声音在空中盘旋回荡，正如那些发出声音的鸟儿一样。这声音是一群红嘴山鸦发出的，这是我们最稀少也最有魅力的鸦科鸟类，它们在位于凯尔特外缘的那些裸露的海边悬崖上安家。

尽管现在红嘴山鸦只分布在英国的大西洋沿岸，但它们曾经的分布范围要广阔得多。随着英国的低地逐渐开发成耕地，大量的野草地被缺少生机的草场、小麦田和大麦地所取代，红嘴山鸦特殊的食性迫使它们向西部迁徙。

红嘴山鸦是中等体型的鸦类，比松鸦或寒鸦略大，有一身带着光泽的蓝黑色羽毛和红色的大脚，喙为鲜红色，略向下弯，仿佛一把弯刀。它们把喙伸入低矮的草皮，寻找甲虫、蛾子和飞蝇的幼虫及蛹，并以此为食。在严酷的天气，当大地冻住，很难够到昆虫时，红嘴山鸦会转而寻找海滨那些海草中的沙蚤。

它们是社会性的鸟类，无论是在地面蹒跚踱步，还是在空中迎着海风上下翻飞，它们总是会集成小群，同时还一直发出那种稀奇的鸣叫。红嘴山鸦的飞行特技简直蔚为壮观，它们就是利用悬崖周边气流的老司机，你应该谴责这些鸟在故意显摆。

它们的英文名字chough看上去也许很奇怪，直到你想起英语是一只充满好奇心的野兽，后缀ough有10种以上的不同发音。最初这个名字读作“chow”（就像是单词plough里的发音），这是在模拟红嘴山鸦的叫声；后来它才变成了现在“chuff”的发音（就像单词rough一

样）。

红嘴山鸦的观鸟热点地区位于爱尔兰西部、苏格兰的艾莱岛，以及威尔士西北部的部分地区，尤其是彭布罗克郡。而它们在英格兰的最后据点位于康沃尔郡，在那里这种鸟仍然出现在郡徽上。在20世纪70年代早期，康沃尔的红嘴山鸦已经完全消失了，之后人们开始着手于再引入计划；但让所有人吃惊的是，在2001年，野生的红嘴山鸦从爱尔兰回到了这里。接下来的一年，它们成功繁殖了，现在已经在利泽德半岛形成了一个小小的，但是稳步增长的种群。

红嘴山鸦通常在悬崖上的洞穴和岩缝里筑巢，不过偶尔也会冒险进入内陆，在采石场甚至是废弃的竖井里做窝。但是无论你在哪里看到它们，这些鸟都极具魅力，观察它们在空中翻腾扭转是巨大的乐趣，它们的鸣叫则在岩石之间久久回荡。

鹦交嘴雀

在拥有世界上最详尽的自然史的群岛上，你也许会认为我们已经知道了英国所有繁殖鸟的一切信息。但事实并非如此，有一些鸟类仍然神秘莫测且令人好奇，鹦交嘴雀当然同时满足这两个条件。

与其他的交嘴雀相似，鹦交嘴雀的雄鸟是砖红色的，雌鸟和幼鸟则是橄榄绿色。它们的喙有着独特的结构，上缘与下缘交叠成钳状，这种演化的产物可以帮助它们嗑开松果的鳞片，吃到里面薄薄的松子。

鹦交嘴雀主要分布于从斯堪的纳维亚到俄罗斯西北部的区域，它们在北方就相当于我们所熟悉的红交嘴雀，后者在英国大多数地区都有分布。鹦交嘴雀的鸟群时不时地离开它们的繁殖地，向南、向西寻觅食物，它们会越过北海来到英国。

但是在这里它们却可能被忽视了，因为只有在良好的观察条件下，我们才能把它们与红交嘴雀区分开。在这种情况下，你能看到鹦交嘴雀是名副其实的，它们有着更大、更粗壮的喙，几乎和一只小型鹦鹉一样。而熟知这两种鸟的专家还可以通过叫声来区分它们，鹦交嘴雀的叫声要更低沉一些。

但是在苏格兰高地的斯特拉斯佩的森林里，情况变得更加复杂，因为这里有第三种交嘴雀—苏格兰交嘴雀，这种鸟还是英国唯一的鸟类特有种，也就是说，它只在英国分布，而不会出现在世界上其他任何地方。苏格兰交嘴雀的喙在尺寸与形状上都介于鹦交嘴雀和红交嘴

雀之间。

糊涂了吧？不只是你会这样，连那些有经验的鸟类学家也不得不在交嘴雀面前认输。他们常常判断为苏格兰交嘴雀或鹦交嘴雀的鸟儿，实际上可能是两种鸟杂交的产物。让我们把这摊浑水弄得更浑浊一些，欧洲和北美的科学家现在认为存在着十几种甚至更多的交嘴雀，每一种在外形上都几乎一模一样，人们只能通过鸣叫声的细微不同来辨认它们。在这种情况下，与其说是观鸟，还不如说是听鸟。即便如此，这些声音还需要通过可视化的程序转换成叫作“声谱图”的图形，用于分析。

有关鹦交嘴雀也有毋庸置疑的结论，那就是纯种的鹦交嘴雀已经在英国营巢繁殖了，这是几次偶然事件的结果，其中尤其重要的是20世纪80年代早期鹦交嘴雀的一次大规模迁入。据估计，现在有多达100对的鹦交嘴雀在苏格兰北部的松林里安家了。

角□□

无论是春日里的苏格兰湖泊还是寒冬中的南部海港，都是英国最罕见的鸟类之一—角□□的家园。这种鸟儿的英文名字（Slavonian grebe）源自俄罗斯北部的一个地区（或者如有些人认为的那样，来自克罗地亚的一个名字相似的地区），它是我们更熟悉的凤头□□的一种体型较小的近亲。像□□科的其他成员一样，它也过着纯水生的生活，即使在繁殖期也从不会冒险上岸。

到了春夏季节，角□□的颈部和腹部换上鲜艳的栗色，头部和背部披上了灰黑色，带金色冠羽，它也因此得到了另一个名字——horned grebe（字面意思为“角□□”）。它们营浮巢，雌鸟一次最多产5枚卵，鸟巢上通常会覆盖水草，以躲避捕食者。

当雏鸟孵化出来时，它们头上有黑色和白色的条纹，看起来像是会动的薄荷硬糖。它们要么跟在亲鸟身后拼命划水，要么趴在亲鸟背上搭便车。但这些雏鸟还是常常被水獭或者狗鱼捕捉，因此它们的数量每年都有很大的波动，只有不到50对角□□繁殖鸟可以在偏远的苏格兰繁殖地坚持下来。

到了冬季，它们的相貌和生活方式都完全变了。它们离开淡水栖息地，进入大海。这时乘坐游船绕着多塞特的普尔港这样的南部海港环行，就能看到这些角□□，它们身着黑白分明的冬羽，看上去更像是海雀。这些角□□也许是在英国本土繁殖的，但更有可能是从爱尔兰或斯堪的纳维亚飞来。

少数角□□也会来到水库之类的内陆水域，在那里它们一点也不怕生，能让人在很近的距离观察。这样你就能看到它们明显的朱红色的眼睛，那眼睛像红醋栗的果实一样闪闪发亮，这也给角□□带来了诸如“魔鬼潜鸟”“粉眼潜鸟”“水女巫”之类的别名。

小斑啄木鸟

早春时节，从树顶远远地传来“pee-pee-pee”的声音，这值得我们循声查找，因为这个声音很可能是由小斑啄木鸟发出的。在大约一个世纪以前，英格兰的几乎每一座果园里都回荡着这种清脆的鸣叫。

在那个时代，它们常常被称作“横纹背啄木鸟”（barred woodpecker），这是为了与它们体型略大的近亲大斑啄木鸟［又叫作“黑白斑啄木鸟”（pied woodpecker）］相区分。显然，从这样的名字中就能找到区分这两种鸟的方法：小斑啄木鸟黑色的背部横着一系列白色的窄带；而大斑啄木鸟则有两块醒目的白斑，因而也有着更加黑白分明的外观。小斑啄木鸟的体型要小很多，它们只有家麻雀那么大，而大斑啄木鸟却有椋鸟那么大；因此，当小斑啄木鸟爬上那些对于它们的近亲来说过于狭窄的小树枝时，人们几乎无法察觉。

今天很少有人能有机会比较这两者的大小了。大斑啄木鸟愉快地经历着数量激增，现在在我们的花园喂食器、公园和林地里已经非常常见。与此同时，小斑啄木鸟的数量却在直线下降，现在也许仅剩1 000对繁殖鸟了。

它们是很难观察的鸟类，大部分时间都在高高的树冠上食用昆虫以及其他无脊椎动物，只有鸣叫声才能出卖它们的行踪。到了秋冬季

节，小斑啄木鸟常常与山雀、戴菊和普通□之类的小型鸣禽混群，形成沿着大型的绿篱以及河岸的林线窜动的鸟浪。但是到了2月底的时候，小斑啄木鸟的雄鸟开始在老果园或者成熟的树林里宣示领域，它们大声鸣叫，鸟喙轻柔且快速地敲击树枝，有时候这种声音被形容成轻柔的呼噜声。

与大斑啄木鸟那些响亮的、回音缭绕的声音不同，小斑啄木鸟敲击树干的声音并不容易被定位。到了4月末，这种敲击声渐渐息止，啄木鸟开始照顾它们的幼鸟。这些幼鸟深藏在树洞里，洞口被那些生长的枝叶所覆盖。如果你不熟悉它们的叫声，那么这些幼鸟可以有效地躲藏到秋季。

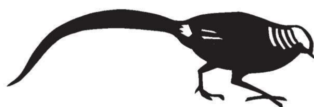
既然如此，为什么我们的小斑啄木鸟数量还在直线下降呢？一种可能性是它们的营巢点被更成功的大斑啄木鸟占据了。而另一种可能性是那些传统果园以及联通其间的绿篱变少，减少了小斑啄木鸟的筑巢点和觅食地。

近来有研究表明，它们的繁殖成功率受到春季寒冷、潮湿的气候影响，一旦食物缺乏，幼鸟的离巢数量就会下降。小斑啄木鸟的雌鸟通常在雏鸟出壳后就会离开鸟巢，重新回到森林寻觅下一个配偶，把孩子留给雄鸟抚养。如果雄鸟想要成功养活后代，它们就需要大量的昆虫食物，在寒冷的春季，这显然更难获取。

为了揭开这种林区鸟类数量下降的秘密，我们还有很多工作要做。但是在冬去春来的时节，请务必睁大眼睛，伸长耳朵，寻觅这种迷人又富有个性的啄木鸟。

红腹锦鸡

诺福克的布雷克斯是这个季节中英国最冷的地方之一，在凛冬的午后，这里的天色已经暗了下来。在那些年轻松林的最浓密处，除了偶尔传来小麂的叫声，似乎没有其他任何生命存在。你肯定不会期待在这里遇见一种最光彩夺目，也最具外来风情的鸟类。这种鸟事实上被广泛认为是世界上最美丽的鸟类之一。



就在天色黑到几乎什么都看不见时，一道金光点亮了黑暗，一个修长的身影警觉地从浓密的针叶林中钻了出来，小心谨慎地踏上你面前的小径。透过望远镜，你的眼睛瞪得溜圆，眼里满是亮橙色和鲜红色的光彩：那是一只红腹锦鸡的雄鸟。

即便与同一科属的其他鸟类严格比较，红腹锦鸡也有着十足的吸引力。它长着鲜亮的金黄色丝状羽冠，枕部衬着黑色和橙色相间的披肩，下体为绯红色，后背上还带有蓝绿色，尾羽修长且逐渐变尖。有些人甚至把传说中凤凰的起源归咎于这种火焰般的鸟类。

红腹锦鸡在外形上并不像英国的鸟类，它们也的确不是。如同鸳鸯之类的有着异国外貌的鸟类一样，它们是在19世纪下半叶从中国中部那些长着竹林的家里被带到英国的。这也属于当年的一种误入歧途的时尚，也就是把相貌出众的异国物种引入英国乡村。最初人们引入这种鸟并非只是为了装点庭院：其中一部分锦鸡被作为有潜力的猎禽，但它们总是潜伏在植被深处，枪声响起也不愿飞行。

与加拿大雁、灰松鼠之类带来更多问题也造成更大影响的物种引入不同，红腹锦鸡并没有扩散得很远。它们最初被引入从萨塞克斯到苏格兰西南部的一些地区，但是今天那些种群已经消亡了。唯一真正可以自我维系的种群在东安格利亚的松林里，其中最核心的区域位于诺福克与萨福克交界处的布雷克兰沙土地。

除了栖息地范围有限以外，红腹锦鸡的个性也十分害羞，这也许是因为它们的羽毛过于耀眼，会让它们成为捕食者最显眼的目标。雌鸟更难见到，像大多数猎禽一样，它们要比自己花哨的配偶暗淡很

多。寻找红腹锦鸡的最佳方法是在冬末和初春，在每天的黄昏时分聆听植被深处那些雄鸟宣示领域时发出的粗哑的叫声。

与红腹锦鸡相似，还有一种鸟类也在19世纪从亚洲被引入英国，它们是同样炫目的白腹锦鸡。这种鸟被放归于贝德福德郡的乌邦寺附近的野外。它们的数量在20世纪70年代达到峰值，有200对左右，之后就急速下降了，目前这种鸟在英国濒临灭绝。如果没有意外发生，这种华美的鸟类将会成为第一个被官方认证为英国鸟类的外来物种，之后又在我们的岛上灭绝。

大鸨

当一种鸟类从它原来的栖息地上消失并在英国灭绝，它在神话和民间传说中仍然存在，却在它曾经生活的大地上留下了一个缺口。如果这种鸟可以被重新带回来，那么就好像这大地又被重新缝合起来了。

自从1832年最后一对大鸨在萨福克繁殖以来，这种巨大的鸟类那有力的鸣叫声在英国已经接近两个世纪没有人听到了。在过去，这种鸟类曾经享有崇高的地位，它们既是盘中珍馐，又是狩猎者的奖杯，很多乡间的城堡里都陈列着大鸨的标本。

重达16千克的大鸨是地球上能够飞行的最重的鸟类之一。它们的身材也很高大，眼睛可以平视一只西方狍。大鸨的羽毛的颜色非常醒目，尤其是雄鸟：它长着深栗色的颈部、带斑点的棕色后背、蓝灰色的头部和枕部，在飞行时，翅膀上闪出黑白分明的花纹。这样的外形让人无法忽视它。

但是，对于这样一种伟岸的鸟类来说，它的体型也导致了它的毁灭。除了很容易成为新式猎枪的目标以外，这种巨大的体型还意味着大鸨需要广阔的、不受干扰的土地去生存。在现代的英国低地上，公路纵横，绿篱成网，那些适合大鸨的土地已经荡然无存，也许唯一的例外就是位于威尔特郡的索尔兹伯里平原的那些开阔地了。尽管这里

也被公路、工厂和城镇包围，但是这块独特的区域却保留着古老的特点，这多亏了当地被陆军用作演习场地，从而与公众的生活隔离开来。

因此，索尔兹伯里平原是一处把大鸨重新引入英国的理想之地。在过去的十年里，大鸨工作组已经这样行动了。他们的目标是从俄罗斯引入那些家园被机械化农业所毁坏后得到救助的大鸨，在英国饲养和放归它们，最终重建一个可以自我维系的种群。

关于这个把大鸨带回英国的勇敢计划能否成功，还存在争议，但是在2009年人们发现了两个巢，这是约一百八十年来英国第一次在野外哺育出大鸨的幼鸟。如果这个计划成功，那么我们终将见到这些神奇的鸟类在索尔兹伯里平原辽阔的天空中低飞，这将是值得庆祝的一幕。

黑喉潜鸟

很少有一种声音能像黑喉潜鸟的悠长鸣叫那样带着苏格兰的荒野特色。每当清晨和黄昏，这种扣人心弦的鸣叫就会在那铁灰色的湖面上回荡，这往往也是你在那严酷的环境中所能听到的唯一的声音。要想获得这种体验，就算从最近的公路过来，也需要一段漫长而艰难的跋涉。

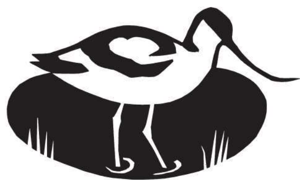
身着繁殖羽时，黑喉潜鸟可算是我们最美丽的鸟类。尽管它们身上只有黑白两色，但是这对比鲜明的色彩形成了炫目的图案。它们的颈侧有条形码一样的花纹，而前颈和喉部则像是有光泽的乌木，衬托出灰丝绒般的头部。

它们长着黑色匕首般的喙和宽阔而带蹼的双脚，这对于在水中追逐并捕捉小鱼的它们来说是完美的结构。它们会把捉到的鱼带回岸边的鸟巢，饲喂幼鸟。由于黑喉潜鸟的双脚在流线型的身躯上长得太靠后，它们走路笨拙，并不能走远，所以就把鸟巢建在水边。但是这样也有一个缺陷。它们生活在苏格兰最湿润、最荒凉的地区，那里的水位变化迅速，要么容易淹没鸟巢和卵，要么会让鸟巢所在的地点变得又高又干，并且距离水面太远，以至于潜鸟很难走到。

为了帮助这些潜鸟，从20世纪80年代开始，保育工作者就为它们准备用绳子拴住的浮筏，以便它们在上面营巢，这个计划看起来确实行之有效。现在苏格兰的黑喉潜鸟已经超过了200对，和第一次安置浮筏的时候相比已经上涨了40%。

到了秋冬季节，黑喉潜鸟的外观和生活习性都发生了改变。它们褪去了华美的繁殖羽，换上了潜鸟的冬羽“制服”：上体为深色，下体为浅色，两胁带着明显的白斑，有助于我们从远处辨认它们。与别的潜鸟一样，它们在每年的这个时候偏好海洋生境，你在海滨能见到少数个体，在内陆则几乎不见其踪影。

反嘴鹬



很少有鸟类比反嘴鹬更能展示出我们是如何恢复一个已经消失的物种的。这种鸟在英国从灭绝到回归的成功故事是个广为人知的范例，它展现了人工干预如何同时恢复一种鸟类的种群数量以及它的栖息环境。似乎嫌这种黑白相间、带着异域造型的涉禽还不够出名，英国皇家鸟类保护协会又把它选作会徽，从而使这种鸟类永垂不朽。

反嘴鹬是一种挑剔的生物，它们需要浅的咸水环境，其间还要有砾石或泥质的小岛供它们繁殖，另外还要有大量的水生无脊椎动物，它们可以用那纤细得惊人的反折的喙滤出这些食物。直到19世纪早期，它们还能在沿海的潟湖里营巢，那些湖是由没过防浪堤的海水淤积而成的。但是当这些防浪堤被完全修复之后，反嘴鹬就无处可去了。再加上偷蛋者的劫掠，反嘴鹬在英国很快就走向灭绝。

一个世纪以后，在二战期间，东安格利亚海岸地区的农场有一次被海水淹没，这一次是为了防止纳粹的入侵。20世纪40年代早期，反嘴鹬试图返回诺福克和埃塞克斯繁殖，但是并不成功。到了1947年，即战争结束两年后，反嘴鹬终于设法在萨福克郡海滨的明斯米尔和哈弗盖特岛成功营巢。明斯米尔被英国皇家鸟类保护协会购买，变成了这个公益组织的旗舰自然保护区，这里也许拥有英国最丰富的栖息地类型，也是拥有最多繁殖鸟种类的单一地区。

自从反嘴鹬回到英国以来，在六十多年里，它们取得了巨大的成功。它们很快就扩散到东安格利亚的其他地区，并且在那之后向北、向西扩散到英国的许多湿地繁衍生息，其中也包括位于内陆的伍斯特郡的德罗伊特威奇地区。在那里，它们把家安在一个巨大的电视铁塔下面的旧盐井里。它们尽管外表优雅，但是性格却很暴躁，通常只要看到领域内出现入侵者，就会立刻发出刺耳的尖叫。

在秋季，英国本地的1 500对繁殖鸟与从更遥远的东方迁徙而来

的同类汇合，总共约有7 500只反嘴鹬在这里过冬。它们主要分布在塔马和埃克塞特之类的南部河口三角洲地区，在那里，整个冬季都可以乘船观看这些优雅而特别的鸟类。

3月

圣岛鹪鹩

欧乌鸫

叽喳柳莺

凤头麦鸡

普通□

旋木雀

游隼

秃鼻乌鸦

宽尾树莺

灰山鹑

凤头□□

崖沙燕

鹊鸭

雪雁

林百灵

埃及雁

高山雨燕

流苏鹬

金眶鸻

赭红尾鸲

环颈鸫

扫码欣赏图片和鸟鸣

引子

3月对于鸟类和我们来说都是一个不可预测的月份。有些年份，英国在早春的热浪中受到炙烤；而在其他年份，我们却被冻僵。然而，当正在离去的冬候鸟与早春从南方返回的夏候鸟混在一起时，冬去春来的交替就拉开了序幕。

在湖泊和砾石坑上，崖沙燕闪烁的身影出现在一群过冬的鸭子中间；与此同时，叽喳柳莺加入了山雀和戴菊的队伍，它们在森林中漫游，寻找新出现的昆虫。春天最好的预兆也许是一只活泼的雄性穗䳭，它在沿海高地富有弹性的草皮上跳跃，或者在刚耕过的犁沟中炫耀那白色的臀部。这种灵巧的小鸟只拥有有限的色彩，但即使在3月最沉闷的日子里，它也能让人眼花缭乱。它看起来鲜活而机警，丝毫不受最近飞越撒哈拉沙漠的行程的影响。

在海岸和内陆的草地上，请留意一下第一批环颈鸫，在每年的这个时候，它们很可能是正在前往英格兰北部或苏格兰繁殖的英国鸟类。稍后，到了4月，斯堪的那维亚的环颈鸫也会经过，找到它们总会让人很激动。

尽管季节还早，但还是有可能潜藏着来自异域的惊喜。在大多数3月里，第一批长得充满异域风情的戴胜像扇子舞者一样，在沙丘和海岸草地上翩翩飞舞，用它们长长的、弯曲的嘴寻找藏在短草皮里的蛴螬。你也要抬头看看，因为在某些年份里，高山雨燕会在郊区上空划出一道弧线，翅膀长得令人难以置信。这两种鸟都“飞过了头”，在从非洲到南欧的回程路上走得太远了一点。当它们找不到配偶时，它们通常会弥补错误，返回南方。

3月不只是有春天的候鸟和罕见的鸟。许多留鸟正在认真地建立它们的繁殖领域，黎明合唱的强度和音量都在增长。3月里一个温和而潮湿的夜晚，当最后一点余晖开始褪去的时候，一只欧乌鸫用甜美流畅的音符召唤春天的到来。如果天气足够温和，它的配偶可能已经在孵第一窝卵了。

到了现在，槲鸫和欧歌鸫也开始鸣唱，充实了由大山雀、青山雀、林岩鹨、鹪鹩和苍头燕雀组成的郊外黎明合唱团。北长尾山雀是开始得较早的繁殖者，它们正在对烧瓶型的巢进行最后的修饰，这些巢里可能有上千根羽毛、苔藓、动物毛发，乃至锡纸的碎片。

远离郊区，在遥远的英国北部和西部的海蚀崖上，崖海鸦、刀嘴海雀和北极海鹦在海上度过一个冬天后，正在返回它们的繁殖地；有些鸟儿可能自去年7月以来就没有上过陆地。起初，它们只是试探着靠近，在悬崖下的海上漂流。直到春天来临，它们才会认真筑巢。

鸻鹬类也开始回来了。在传统的农田里，凤头麦鸡嚎叫翻滚着进行春季炫耀，不过和几十年前相比，它们没那么常见了。在高地山谷和苏格兰河流沿岸，蛎鹬寻找繁殖地时发出的尖锐的叫声，是春天即将来临的明确信号。白腰杓鹬和红脚鹬开始离开它们过冬的河口，返回高地草场，它们在那里探查没有霜冻的土壤，寻找虫子，并开始用繁丽的鸣唱飞行来标记它们的领域。

当我们关注春天的到来时，我们很容易忘记那些随着冬天悄然离去的东西。所有这些活动都可以掩盖冬候鸟无声的离开。当然，也不是所有的冬季访客都是这样安静地离开。有时，在3月温和的日子里，树林里回荡着远处瀑布奔流的声音。这是一群白眉歌鸫的集体鸣唱，其数量有时可达数百只，它们是在飞往冰岛或斯堪的纳维亚半岛之前进行调音。它们的告别合唱是4月到来和春天来临的标志，鸟儿们已经等不及了。

圣岛鹪鹩

一个狂风肆虐的三月天里，在英国最偏远的群岛上，一只小鸟正在发自内心地歌唱。尽管它的体型很小—身长大约12厘米，体重仅有12克—但是它那节奏强劲的歌声盖过了在海岸上打碎的巨浪，你在1千米以外也能真切地听到这个声音。这位中气十足的歌唱家的名字是什么呢？圣岛鹪鹩。

圣基尔达岛是位于不列颠西北部的一组岛屿、火山岩以及被海水冲刷的礁石，它们处在外赫布里底群岛以西60千米的地方。这里直面北大西洋裹挟而来的一切东西，毫无疑问有着英国最极端、最严酷的环境。你也许会认为，这也是最不可能见到鹪鹩的地方。

但是鹪鹩成为不列颠最常见的繁殖鸟也是有其原因的。它能在最常见的鸟类排行榜上登顶，靠的就是能在几乎所有的环境中繁殖的能力。从都市中心到海岸边缘，以及在这两地之间的几乎所有区域，都可以是它们的繁殖地。

圣基尔达岛的鹪鹩与我们在英国遍地都能见到和听到的鸟是同一个物种，但是它们与英国主岛上的表亲已经相互隔离了五千年以上，这些鹪鹩已经独立演化为一个略有不同的亚种。与英国其他地方的鹪鹩相比，圣岛鹪鹩体型略大，颜色略灰且略淡，它们的歌声更加响亮，这让雄鸟发出的声音在持续不断的海风和海浪的声响下也能被清楚地听到。

圣岛鹪鹩是英国最珍稀的鸟类之一，只有不到250对繁殖鸟分布在这些布满岩石的岛屿上。与别的鹪鹩相似，它们也以微小的昆虫和蜘蛛为食，觅食场所包括那些岛屿上的巨大砾石之间、纵横交错的干

石墙下，以及北极海鹦的筑巢点。超过100万只这种魅力十足的海鸟产生了肥沃的鸟粪，这有助于植物的生长，植物又成了小型无脊椎动物的家园。鹪鹩在岩石之间的缝隙里营巢，有时候它们的鸟巢垂直分布，在那些无法靠近的陡峭崖壁上一个叠一个。

你还能在克雷特石屋上看到鹪鹩，这是岛上最早的原住民在冬季用来存储海鸟尸体的建筑。那些内心强韧的原住民又被称作“圣基尔达岛的鸟人”，他们在这些岛屿上一直生活到1930年，那时疾病和艰苦的生活使他们的人数下降到无法维持一个稳定的社区。今天，这个消失的文明所留下的仅有这些克雷特石屋，以及一排破败不堪的房子。在那些残垣断壁上，鹪鹩偶尔会停下来，饱含激情地高歌一曲。

欧乌鸫

3月的傍晚，春寒料峭，碧空如洗，随着夜幕开始降临，一种独特的声音在我们的村庄、城镇和郊区的房屋顶上回响。它音色丰美而悠扬，乐句规整，每段都略作停顿。它似乎在提醒我们，无论天气有多么寒冷，冬天还是很快就会结束。这就是我们最熟悉也最喜爱的鸟类之一——欧乌鸫。

欧乌鸫是鸫科的成员，那些棕色的雌鸟和幼鸟的胸部及喉部常常带有几个斑点，这显露出它们与欧歌鸫、槲鸫的联系。但是在每年的这个时候，乌黑的雄鸟才是舞台中央的主角。在莎士比亚的时代，欧乌鸫被称作“ouzels”（黑鸫）；在《仲夏夜之梦》中，波顿绘声绘色地说出了雄鸟的样貌：“黑鸫的公鸟乌黑锃亮，还长着橘黄色的嘴巴。”他唯一漏掉的特征是雄鸟的黄色眼圈，那颜色就像早春里的番红花一样明亮。

在整个冬季，欧乌鸫在浓密的灌木丛中停栖，它们时时发出“mik-mik”的高声鸣叫，宣示着自己的存在。对于我们来说，这是冬季声音全景中的一个部分；对于欧乌鸫自己而言，这却是一种强势的信号。当欧乌鸫停栖下来，它们的鸣叫就是一种仪式化的警告，提醒别的同类保持距离，当然真正的冲突并不常会发生。

我们本土的欧乌鸫之所以在这个季节表现得如此易怒，是因为它们的领域正在受到威胁。大量来自斯堪的纳维亚、西欧低海拔国家以及德国的大陆欧乌鸫在每年冬天都蜂拥进入英国，以此来躲避家乡的严寒气候。这时常常能见到数千只欧乌鸫成群地到达我们的东海岸。但是要见证这种现象，你并不需要亲自到达那里：在你家附近也会出现焦躁不安的欧乌鸫鸟群，它们当中常常包含亚成的雄鸟，它们的喙

是黑色而非黄色。在本土欧乌鸫中，这种亚成鸟并不常见，因此它是鸟群来自欧洲大陆的明证。

在春天，诱发欧乌鸫的雄鸟开始鸣唱的因素是日照时间与温度。因此，尽管它们通常会等到3月到来，暮光更亮的时候才开始鸣唱，但是在那些暖和的冬季，它们也可能在1月就已经开始发声。欧乌鸫通常会在一个繁殖季里产下两三窝后代，有些亲鸟也能够让人吃惊地产下五窝后代。因此它们热切地希望开一个好头，在灌木丛深处产下5到6枚底色为绿色、带有棕红色斑点的鸟卵，这种地方常常就在我们的花园里。

它们站在屋顶的高处宣示着自己的领域，尤其是在城镇里，它们总是立在房顶的电视天线上面。但是几乎在每个地方都能见到欧乌鸫，在英国各地的树冠上、灌木丛里、绿篱中、海边的崖壁上，你都能听到欧乌鸫的鸣叫。只有高山之巅是个例外，在那里它们被更罕见的近亲环颈鸫所取代。

正因为它们是如此常见，分布也如此广泛，它们各自占有的领域非常紧凑，往往是一只雄鸟刚刚唱完，另一只就接腔而鸣。1917年，爱德华·托马斯把这种联系写进了诗歌《艾德斯托普》，那时诗人乘坐的火车意外地停在一个小小的乡村火车站：

那一刻一只欧乌鸫在附近

鸣唱起来，在它周围，那模糊的

越来越远的，都是牛津郡

和格洛斯特郡的鸟儿。

叽喳柳莺

叽喳柳莺那具有极高辨识度的声音带着节拍器式的节奏，像是春季迁徙浪潮到来之前的序曲。这些小型的橄榄绿色的柳莺是我们在春季第一批到来的候鸟，通常在3月底就已经重新建立了它们的繁殖领域，这比其他大多数从非洲飞回的莺鸟要早几个星期。

在春天，正在鸣唱的叽喳柳莺很容易辨认，因为它们立在刚刚发芽的树上或正在开花的灌木枝头，反复叫着自己的名字，尾巴一上一下地抽动，仿佛充满了回家的喜悦。我们把它们的叫声称作“chiff-chaff”，而我们的欧洲兄弟们在听到同一首歌曲时却给出了各不相同的名字：德国人称这种小鸟为“zilp-zalp”，荷兰人称其为“tjiftjaf”，威尔士人用的则是“siff-saff”。

叽喳柳莺在开阔的林地做巢，比起近亲欧柳莺，它们偏爱更大的树木。这两种柳莺的外形大致相同，但是叽喳柳莺有深色的双腿和短小的翅膀，它们相对朴素的脸颊上有更舒展的表情。在春夏季节，它们反复吟唱的歌曲与欧柳莺那哀怨的、音调优美的唱腔有着明显的区别。

这些新到的叽喳柳莺的典型形象是跳跃在猫柳灌丛的花间，寻觅传花昆虫的灰绿色小鸟。这些饥饿的鸟儿也许刚刚在地中海区域或者撒哈拉以南度过冬天。但是它们也可能从更近的地方迁徙而来。英国的叽喳柳莺的数量正在上升，其中一个原因就是一些柳莺改变了它们的迁徙习性，现在它们不再长途跋涉前往西班牙或北非，而是留在英国过冬了。

许多叽喳柳莺会在冬季前往气候更温和的英国南部和西南部，它们通常聚集在水面附近，因为在冬季那里有更多的昆虫保持活跃。但不管叽喳柳莺是在英国还是在地中海周边过冬，比起欧柳莺之类的长途迁徙的候鸟，它们有一个明显的优势，那就是它们前往繁殖地时不

必经历如此漫长且充满危险的旅程。结果，它们吟唱的那首同名歌曲也就比以往更加广为人知了。

凤头麦鸡

飞行的时候像失控的风筝一样在空中上下翻转，鸣叫的时候又像一个吸了氦气的人类，这是凤头麦鸡在我们的乡间留下的鲜明的形象。然而，让人遗憾的是，这种色彩斑斓而又魅力十足的涉禽的数量，已经远不如哪怕一代人之前的状态了，在我们大多数的乡村，这种鸟现在已经销声匿迹了。

我们通过凤头麦鸡在过去获得的多种名字，就能衡量出人类对这种鸟的熟悉程度。它们有时被叫作“绿鸻”（green plover），因为它们的羽毛带着绿色的光泽。它们独特的叫声又催生了“噼喂”（peewit）这个名字，在整个英国都有人这么叫。它们还有一个更具有地方性的名字“派伊外浦”（pyewipe），林肯郡格里姆斯比附近的一处地方便由此而得名，它好像在提醒我们，就在不久以前凤头麦鸡还是农田里的常客。

凤头麦鸡是我们最时尚的农田鸟类之一。它们的身材和野鸽相仿，双腿修长，下体为白色，上体为带着虹彩的绿紫色，有很长的冠羽。当它们飞入空中时，展开的两翼靠近末端的部分比靠近身体的部分更宽，这使得凤头麦鸡有了所有英国鸟类中最独特的飞行方式。

它们飞行的时候看起来是很疯狂的，好像完全使不上力气，但是那只是一个假象。实际上凤头麦鸡是令人惊讶的飞行家，尤其是在繁

殖季，那时雄鸟在它们的领域上空高声鸣叫、横冲直撞。

几个世纪以来，凤头麦鸡那带着斑点的深色鸟蛋在每个春季都被人收集起来，用四轮马车和火车运到城市里。它们是高档餐厅里的珍馐。在伊夫林·沃的小说《故园风雨后》中，塞巴斯蒂安的母亲送给他的“鸻蛋”就是这种鸟蛋，那本书的时代背景是一战和二战之间的年月。

如果顺其自然，从鸟卵孵化出的雏鸟能立刻离巢并自己觅食。雏鸟羽色斑驳，可以很好地融入背景之中，但是它们操心的父母还是需要驱赶那些强盗般的乌鸦。凤头麦鸡的亲鸟一边发出哀怨的叫声，一边迅疾地俯冲，袭击敌人。

然而凤头麦鸡却无法抵御农业地貌的变化，这包括农牧混合的土地不断减少，也包括我们大多数的农田都发展了排水系统。这些都大大减少了凤头麦鸡繁殖种群的数量，因此，如今在春季，你在英国低海拔地区的大片区域内已经看不到它们的身影了。

凤头麦鸡在秋冬季节的分布要广泛得多，它们在田野和湿地里聚集，常常与那些体型更小、翼展更长的近亲欧金鸻待在一起。它们飞入空中，发出幽怨的和声“pee-wit, pee-wit”。

普通䴓

一阵响亮而轻佻的口哨声在你们当地的公园里响起，这是春天到来的清晰迹象，但也许并不是以你想象的那种方式。这种穿透力很强的声音只是普通䴓的雄鸟全部曲目中的一小部分，它们花样多变的鸣叫和鸣唱包括短促的尖叫、持续的颤音以及叽叽喳喳的絮语，这多种多样的声音用来取悦它们的配偶是绰绰有余了。

但无论是普通䴓的雄鸟还是雌鸟，都有另一项绝技。它们是所有英国鸟类中唯一可以用上树的方式爬下树的鸟类，你有时能看到它们轻松地沿着树干往下爬或倒挂在树枝下面，仿佛万有引力原理对它们不起作用。

当然，这一切的前提是你看得到它们，因为普通䴓相当隐秘，它们在觅食或者营巢的时候，常常隐藏在树叶茂密的高大树冠里。3月是观察它们的好时机，因为这时普通䴓开始进行求偶和繁殖活动，而且树上还没有长出树叶，使得人们更容易发现这种鸟类。

如果你真的有机会仔细观察一只普通䴓，它就很容易辨别：上体为蓝灰色，尾下覆羽为深栗色，而脸部戴着一道黑色的、盗贼式的面罩。它们用那长长的、高效的喙撬开树皮寻找昆虫，或者砸开坚果和

种子。它们的名字nuthatch就来自短语nut-hack（意为“劈开坚果”）。它们的喙在鸟食平台上也能运用自如，它可以挡住同桌的用餐者，比如山雀或者雀鸟—普通□的身材也许只是和大山雀相仿，但是当这两种鸟相遇时，谁会胜出却毫无悬念。

普通□还有一个众所周知的习性，那就是用喙收集淤泥和动物的粪便，并把它们涂抹在巢穴入口，以此阻止啄木鸟之类的体型更大的捕食者。它们并不亲自挖洞，在成熟的林地，甚至是城镇公园里，它们可以找到足够多的现成的树洞，之后它们会涂抹泥浆，将树洞设计并改造成符合自己品味的巢穴。

然而，尽管英国遍布森林，普通□却并不是随处可见。它们在苏格兰就很罕见，在爱尔兰更是完全不见踪影，也许它们不愿意或者不能飞越辽阔的开放水域。在英格兰和威尔士，它们看起来生活得不错，在这些地方只要有成熟的林子，那么就值得去观察和聆听这种鸟类。

旋木雀

在3月的午后穿行于森林之中，是一种十分宁静的体验。此时黎明合唱早已结束，大多数鸟儿已经进食完毕，躲进了树冠或浓密的灌木丛。

这时你看到了一个微小的生命，它上体为棕色，下体为白色，迈着短促而迅捷的步子在树干的表面爬上爬下。第一眼看去，它更像是一只动物，例如老鼠或田鼠，而不是鸟类。但它的确是一只小鸟，而且是我们森林里一种比较羞涩的居民—旋木雀。

旋木雀是名副其实的，它们已经完美地适应了在树干和树枝上的生活。它们的确很少松手，喜欢一寸一寸地向上移动，腹部紧紧贴着树皮，利用坚硬的尾羽支撑住身体。只有爬到不能再往上爬的位置时，它们才会从树干上解锁，轻快地向下飞到另一棵树的底部，再次重复这个过程。

旋木雀是很普通的林鸟，但是由于它们尖细的、如同低语的声音常常被淹没在黎明合唱之中，这种鸟很容易被人忽略。一旦你熟悉了这种鸣唱或战战兢兢的鸣叫，你就会知道，发现旋木雀的秘诀在于不要去看茂密的树叶，而是沿着裸露的树干寻找。在这里就很容易发现旋木雀了，哪怕只是一个轮廓，因为它那末端尖细的尾巴和动个不停的鸟喙构成的狭窄而修长的身形是独一无二的。

事实上，当你瞥见旋木雀那个下弯的、如镊子般的喙，你就能认出它来。这个喙像一件精密仪器，旋木雀像牙医使用探针一样，用它探寻深藏在树皮的缝隙里的小昆虫和蜘蛛。旋木雀深爱着树皮，它们在翘起的树皮后面做巢，没有鸟巢的时候，甚至就在树皮里面夜栖。

它们也是适应性很强的鸟类。在19世纪50年代中期，一种叫作“巨杉”的巨型针叶树被从北美引入英国，它们是公园或乡间庄园中极其浮夸的焦点。这种常绿植物的树皮是柔软的海绵状，在20世纪20年代，一位观察者发现一株巨杉的树皮上被挖出了一些小孔。当他在黄昏再次返回时，他发现每一个小孔里都躲着一只旋木雀，鸟儿的背部正好与周围的树皮齐平：这里不仅温暖，隔热条件好，还提供了很好的伪装。这种夜栖习性很快传开，现在只要在有巨杉的地方，旋木雀就会首选这种大树。

游隼

一处陡峭的悬崖从平地耸起，直插云霄，高达百米以上。在几乎望不见的悬崖顶上，一只鸟正在俯视着它的领域。它的身下很远的地方有一群鸽子正在飞翔。转瞬之间，俯视的鸟儿跃入空中，猛烈地追击鸽子。一旦有一只鸽子离开了鸽群，它的命运就已经注定。片刻以后，响亮的、爆炸般的破裂声响起，好像一声枪响—鸽子被捉住了。它的天敌是谁？游隼。

同样的场景可能会在海岸上演，在那里，巨浪拍击着下方的岩石；它也可能在石南山坡半山腰的峭壁上面上演；近年来它也会在城市的中心上演，在这里，“悬崖”变成了钢筋混凝土筑成的高大建筑。现如今的游隼在这三种不同的环境下都能自在地生活。

我们认为游隼是专食性的捕食者，部分原因在于它们长期以来一直很少见，另一部分原因在于它们只捕杀鸟类。但是考虑到它们仅在英国就有超过200种捕猎对象，我们很难把它们称作专食者。事实上，游隼在几乎所有的环境下都能生存，它们是世界上分布最广泛的猛禽，在除了南极洲以外的每一个大洲都有分布。无论在哪里，游隼都会使用相同的残酷而高效的捕猎技巧，也就是高速俯冲或“向下猛扑”追击猎物。

尽管有着捕食者的惊人技能，这种力量出众的隼还是差点从英国消失。只要猛禽威胁到猎禽，或者有人出于偏见认为它们也能像人一样高效地杀死某种动物，它们就常常被例行公事地射杀。在二战期间，又有数百只游隼被射杀，许多鸟巢也被破坏，人们这样做，是为了防止它们干扰那些被击落在英吉利海峡对岸的皇家空军释放的信鸽。

战争一结束，旧的威胁刚刚终止，新的威胁就产生了。在战后的日子里，诸如DDT之类含有机氯的杀虫剂沿着食物链向上集中，要么直接杀死了游隼，要么让它们产下蛋壳很薄的鸟蛋，这些蛋在孵化出雏鸟之前就会破碎。英国的游隼数量直线下降，到了20世纪60年代早期，它们的数量已经下降到1939年数量的一半。

整个20世纪70年代和80年代，游隼的数量一直都在低位徘徊，但是后来它们渐渐回升了，并且是用一种别具一格的方式回升。到了千禧年的时候，它们不仅回到了那些传统的山区和海边悬崖上的筑巢点，而且适应了全新的栖息地，这就是都市里的水泥丛林。在这样的地方，它们的出现还是能让老一代的观鸟者感到惊奇。有时这种有着蓝灰色外表、浅色脸颊和深色髭纹的鸟在城市的街道上空盘旋，有时它们尖细的咯咯声在那些拔地而起的街区高墙之间回荡。

我们城市里的基督教堂、天主教大教堂及其他的高大建筑完美地替代了野外的崖壁和采石场，这里还供应充足的鸽子，游隼也就靠着这些存活下来。但是鸽子并不是它们城市菜谱里唯一的食物。通过对它们的猎物的研究，人们发现都市游隼能够杀死超过100种不同的鸟类，其中包括各种鸭、鸥，以及小型鹦鹉。还有一些相对少见的猎物，比如迁徙的长脚秧鸡和白腰叉尾海燕，它们是在夜间飞行中被城市的灯光吸引而来的。

因此，无论你的居住地是伍斯特还是威斯敏斯特，是布里斯托尔还是伯明翰，是埃克塞特还是爱丁堡，当你在城市的时候，请抬头向上看，也许你正好就能看到这个星球上飞行速度最快的生物高速掠过。

秃鼻乌鸦

巧克力盒盖上的英国乡村风景中有教堂的高塔，有绿色的板球场，还有小酒馆里泛着泡沫的啤酒杯；但是如果缺少了我们最常见的一种乡村鸟类—秃鼻乌鸦的图像和声音，那么画面就不算完整。

森林曾经覆盖着我们这个岛屿国家的大部分土地，那时秃鼻乌鸦是很少见的，它们也许只能被局限在海岸附近那些长草的悬崖上，以及高地上不长树的地方。但是自从新石器时代以来，当第一批农民开始砍倒森林、种上庄稼，秃鼻乌鸦就开始繁荣了。它们对生活环境的需求相当简单：只要有开阔的田野，它们就可以在草地以及犁过的耕地中寻找蠕虫和蛆虫；另外还需要一株高大的树木，它们成群地在树上营巢，这种巢又叫作“秃鼻乌鸦的群巢”（rookeries）。

就在新年到来前不久，它们叫嚷着聚集成群，维修上一年的巢，给那些已经变得松弛而杂乱的建筑添加树枝，以此来修补寒冬造成的破坏，并使这些鸟巢适用于新一年的繁殖。它们喧闹不止，相互争吵，嘴里发出一连串嘈杂的咯咯、呱呱声和尖叫声。它们利用这种方式来确定每只鸟的巢位，以及它们能容忍彼此的距离。

这时的树冠上是一片喧闹，鸟儿在争论着谁应该最先挑选那个最佳的位置来做巢。它们在挑拣小树枝的时候，相互间也在大声地争吵。很多人把这种场景与人类社会相比，事实上我们的祖先就曾认为秃鼻乌鸦也有“法院”或“议会”，在那里乌鸦们开会决定对违规者的处罚。

在大树附近，那些羽毛零落的秃鼻乌鸦聚集在耕地和牧场上，它们通常与小嘴乌鸦和寒鸦混在一起。秃鼻乌鸦把它们又长又尖的喙深深插入泥土，寻找食物。为了防止脸部的羽毛沾上泥土，它们嘴的基部周边的皮肤是裸露的，这种灰白色的色块是区分它们与小嘴乌鸦的好办法。在飞行时，秃鼻乌鸦的羽毛看起来破损得更加厉害，两翼上

的羽毛也更加稀疏；它们的中间尾羽长度更长，因而尾部为呈钝角的菱形，这里也明显不同于小嘴乌鸦那条方形的尾巴。

宽尾树莺

在鸟类世界有一条经典规律，那就是如果你有一身颜色乏味的羽毛，那么你就需要一副出众的嗓子。新疆歌鸲和鹪鹩就是这样的例子，而一种不太知名的鸟同样遵循这条规律，它就是宽尾树莺。很少有鸟的鸣叫会让你在户外驻足聆听，但是如果你在近处，宽尾树莺的歌声肯定能让你跳起脚来。

这串突然炸开的音符几乎能让人心跳停止，但是在我们的郊野，这声音是相对新鲜的事物。直到20世纪60年代，英国还没有宽尾树莺的记录，不过在欧洲大陆上，它们一直都是湿地里的常见鸟类，尤其是在那些植被浓密的灌木丛，以及芦苇滩和沟渠的边缘区域。

宽尾树莺的英文名字（Cetti’s warbler）取自18世纪的意大利动物学家兼耶稣会神父弗朗切斯科·切蒂。而这种鸟第一次来到英格兰东南部繁殖是在20世纪70年代早期。与我们大多数的莺科鸟类不同，宽尾树莺并不迁徙，这种特性使得它们一开始能够迅速扩散。但是由于它们完全依赖昆虫食物，寒冷的冬季对它们的影响很大，在20世纪80年代中期，连续两年都出现这样的寒冬，这至少在一定的时间段里干扰了它们扩张的进程。但是到了上个世纪末的时候，它们嘹亮而又充满爆发力的歌声已经让很大范围内的人都灵魂出窍了，这个区域从德文郡一直延伸到肯特郡，覆盖了南威尔士，北至约克郡。

它们全年都不会停止鸣唱，如果你身处合适的地方，那么就很容易听到它们的歌声。但是要看到一只宽尾树莺就完全是另一回事了。这种鸟喜欢潜伏在靠近水域的厚厚的植被中，很多时候，你所能瞥见的只是一只颜色略深的红棕色小鸟，它很像是一只大型的鹪鹩，在灌木中一闪而过，并且再也不会出现。

到目前为止，宽尾树莺的歌声毫无疑问是它们出现的最佳线索。

这种声音让人过耳难忘，但是如果你需要一段歌词来帮助你记忆，那么有好几种速记短语可用，其中一种来自《柯林斯欧洲鸟类野外手册》：“听！我叫什么名字？切蒂，切蒂，切蒂，就是这样。”（“Listen! What’s my name? Cetti, Cetti, Cetti, that’s it!”）还有另外一种：“我？切蒂？如果你不喜欢，就滚蛋吧！”（“Me? Cetti? If youdon’t like it, naff off!”）下面这句也许是最确切的一种：“哦！你看见了吗？！……你看见了吗？！”（“Oi! Have you seen it yet...?! Have you seen it yet?!”）

灰山鹑

在我们所有的乡野鸟类中，没有任何一种鸟的命运像灰山鹑这样与我们的农业耕种方式息息相关，这种鸟甚至可以被称作“乡村指示计”。在二战后的几十年里，自从工业化种植方法在我们的低地平原上普及以来，灰山鹑的数量就直线下降。它们那磨刀般的标志性叫声也成了一种回忆，因为这种曾经十分普通的猎禽目前在英国的大多数地区都十分罕见了。

从远处看，灰山鹑像是一块配有橘色脸庞的棕色泥土。不过走近观察，你就能看到它们的腹部长着深色的马蹄形斑块，在深栗色和铁灰色的底色中还带着精细的条纹。灰山鹑是真正的农田鸟类，它们在富含草籽和昆虫的开阔地上出没，其中昆虫主要被用于喂雏鸟。

灰山鹑是非常“宅”的鸟类，一对鸟常常能控制几块田地，它们在一生中很少会离开这个家园。灰山鹑雌鸟的产卵量很大，通常一窝有12到16枚鸟卵，这比英国的其他任何鸟类都要多，它们产卵的地方通常位于树篱下方茂密的植被中。当雏鸟孵化出来，它们立刻就可以自己觅食。在秋季和冬季，灰山鹑会聚集起来，这种鸟群是家庭的延伸，又被叫作“集群”（coveys）。

灰山鹑有着如此高的繁殖效率，你也许会认为它们的种群数量很容易维持。但它们却是英国数量下降最快的鸟类之一，并且已经在很多的乡野灭绝或变得非常罕见了。以下原因造成了这种鸟类数量的下降：农田单位面积扩大，使得它们缺少覆盖鸟巢的植被；大规模使用

杀虫剂，因而幼鸟在生长过程中缺少至关重要的食物。在狩猎比赛中释放的红腿石鸡和雉鸡，也有可能导致了更严苛的同生态位竞争。

具有讽刺意味的是，灰山鹑之所以能在英国的一些区域坚持下来，唯一的原因是这些地方允许在大面积的乡村土地上狩猎。人为提供的鸟巢和喂食区，以及合法猎杀捕食者的行为，帮助灰山鹑在一些区域存活下来。但是缺少了这些密集的人为干预，灰山鹑在其他大多数乡野的命运看起来暗淡无光。

凤头□□

在伦敦外围的一个砾石坑里，一对优雅的水鸟正在上演一场非常特别的求偶仪式。首先，其中一只鸟潜到水面以下，再次浮出水面的时候，嘴里衔着一根水草。之后它的配偶也重复同样的举动。随后而来的是整个鸟类世界中最复杂，仪式感也最强的求偶炫耀。对于凤头□□来说，春天就要来了。

凤头□□长着都铎王朝侍臣式样的环颈饰羽，它们如今是英国南部河流、湖泊和湿地里常见的景观。但是在一个世纪以前，这种鸟差一点在英国灭绝，当时上流社会那些追寻时尚的妇女把它推向了毁灭的边缘。

凤头□□是全世界鸟类中最适应水栖生活的，事实上，它们在一生中从不上岸，完全生活在水上。它们甚至在水面上搭建浮巢，通常在巢里产3到4枚窄而长的鸟卵。卵在刚生出时是白色的，但很快就变成了橄榄绿色，因为凤头□□的亲鸟在离巢的时候会用水草掩藏这些卵。当鸟卵孵化后，长着条纹的雏鸟常常骑在亲鸟的背上，不停地叫嚷着索要小鱼；有时候它们也会吞下羽毛，这有助于它们的消化。

但是也恰恰是羽毛差点导致了凤头□□的毁灭，这实在是让人感到讽刺。为了在水中保持温暖，凤头□□的胸部长着非常软、非常厚的羽毛。这是一种特殊的绒毛，又被称作“□□皮草”，而这种鸟的独特的耳状辫羽则被称作“披肩”。这些羽毛在过去都曾被时尚贸易所追捧，人们用它们装饰帽子或者制作暖手套。在19世纪末的一个时期，凤头□□的数量下降到仅有40对的程度。

就在生死存亡的关头，凤头□□的命运因为一群受人尊敬的妇女而发生了改变，她们强烈反对在时尚行业使用这种鸟类的羽毛，并发起了运动，以阻止这种残忍的、毁灭性的贸易。这场运动导致1889年鸟类保护协会的成立，在1904年，它得到了皇室的批准，成为后来的英国皇家鸟类保护协会。从那以后，凤头□□慢慢变多，现在英国已经有超过5 000对的繁殖鸟了，它们大多数位于英格兰和威尔士。

在凤头□□的数量还很稀少的时代，它们就对一门新学科的诞生起到了重要的作用，这门学科就是动物行为学，它是专门研究动物行为的学问。尽管我们现在对于科学观察活体动物已经习以为常，但是在历史上，直到一战前，人类对于这类科学观察还一无所知。到了1912年的春天，一个名叫朱利安·赫胥黎的年轻人决定花两周的假日时间来研究凤头□□的求偶行为，他的研究地点位于伦敦西北部的特灵水库。由此产生的科学论文永远改变了我们研究自然的方法，这就是从研究博物馆所藏的没有生命的生物标本变成直接在野外观察活体生物。

今天，如果我们足够幸运，那么在一个晴朗的早春日子里，我们就能看到一对凤头□□沉浸在它们求偶仪式的高潮当中：它们在水面胸对着胸直立起来，嘴里都含着水草，每一只都竭力划水，以保持这种仿佛“企鹅之舞”的站立姿态。当我们凝视着鸟儿的舞蹈时，我们能够体会一个世纪以前年轻的朱利安·赫胥黎所感受到的惊奇，同时我们也会由衷地感激那些发起反对运动的坚毅妇女，是她们终止了对这种美丽而神奇的鸟儿的残酷剥削。

崖沙燕

西谚有云："一燕不成夏。"但是在一个起风的三月天里，在本地的湖泊或水库上看到崖沙燕稍纵即逝的身影，就是怡人的春天即将到来的信号。谁还管它是什么季节呢？

这种小巧的淡棕色燕子是家燕的近亲，比家燕早到几周，它们飞越撒哈拉沙漠和地中海，有时在3月的第一或者第二周就已经出现在这里。早到的部分原因是它们旅行的距离没有家燕那么长：家燕需要从南非一路迁徙过来；而崖沙燕是在萨赫勒地区过冬，那里紧挨着撒哈拉沙漠南缘。尽管如此，这仍然是一段几乎达到4 000千米的旅程，考虑到崖沙燕的体重只有14克（差不多只有半盎司），这种迁徙是相当惊人的成就。

崖沙燕是三种在英国繁殖的燕子中体型最小的一种，它的上体为棕色，下体为白色，胸部横着一道棕色的条带，而家燕和白腹毛脚燕的背部都是深蓝色的。通常你先是听到它们干瘪的、嗡嗡的叫声，然后才看到这些燕子从头顶飞过，但是到了气候寒冷的时候，它们会在湖泊、水库之类的开阔水面上追逐低空飞行的昆虫，这时就很容易观察它们了。

月缺月圆，时间流转，天气如愿变好了，崖沙燕开始寻觅做巢的

地方。它们的英文名字（sand martin）并非源自它们棕色的羽色，而是得名于它们在沙质土壤里繁殖的特性，这些鸟会在采石场或陡峭的河岸用那小巧的双脚和喙挖掘坑道。一条坑道大约70厘米长，这通常需要它们挖掘一周的时间，具体的时长取决于土壤的密度。

有时候，几百对崖沙燕会在崖壁的同一面做巢，那里遍布它们的洞穴。崖沙燕是了不起的机会主义者，众所周知，它们有时会在临时的建筑沙堆甚至是锯木屑中做巢，这是相当冒险的策略。它们还会使用被称作“崖沙燕的河岸”的人造坑道，这种坑道被安置在一些自然保护区里，以供游客近距离观察这种迷人的小鸟。

鹊鸭

在大城市周边用混凝土建造的水库，也许并不像在苏格兰或斯堪的纳维亚的荒野一样能够常常见到鸟类的求偶行为。但是在3月的一个晴朗的清晨，雄鹊鸭却在以一种伦敦西区舞台上的表演方式追求它们的潜在配偶。追求者先是靠近雌鸟，用长长的摩擦音吸引雌鸟的注意。如果雌鸟对它的印象还不算太坏，它接下来就会弯曲脖子，把头尽力向后伸，靠向背部的羽毛，忘情地疯狂追求对方。

对于大多数鹊鸭来说，这是建立关系的开始，而且这种关系会一直持续到它们返回斯堪的纳维亚的湖泊，那里是大多数在英国越冬的鸟类的繁殖地。但是自1970年以来，有一小群鹊鸭在春季会留在苏格兰高地上的斯佩赛德地区，并在那里繁殖。雌性鹊鸭通常在树洞里做巢，但是如果树洞短缺，那么它们也愿意使用人造的巢箱。这个习性最初是在两百年前被瑞典人发现的，那时人们用这种巢箱收集鹊鸭的鸭蛋，把它们当作食物。苏格兰的鸟类学家在当地安置了几十个巢箱，多亏了他们的努力，如今每年大约有200对鹊鸭在这里繁殖。

鹊鸭是一种善于潜水的鸭子，主要以贝壳和虾蟹为食，有时候它们是冬季那些灰暗、开阔的水库里唯一能见到的过冬鸭子。与绿头鸭、绿翅鸭等钻水鸭不同，鹊鸭不需要泥质的湖岸，也不需要大量的植被。

鹊鸭的雄鸟和雌鸟都有明黄色的眼圈，但是雄鸭的羽毛更加时尚，它的背部长着有光泽的、黑白相间的条纹，颈部为白色，头部为墨绿色，两只眼睛下面各有一个白色斑点。雌鸭和雏鸭长着棕栗色的头部，身披浅灰色的羽毛，它们与雄鸟一样，都有着特别的、有点臃肿的头型。

雪雁

没有什么雁在别的雁群中能像雪雁这么突出，它们的名字恰如其分，那亮白色的羽毛使得它们看起来像煤筐里的高尔夫球一样醒目。尽管这种鸟类十分显眼，也容易辨认，但是要判断一只雪雁是否是横越大西洋而来的野生迷鸟，肯定会让每一个有幸看到它的英国观鸟者头疼不已。

有数百万只雪雁在加拿大的北极地区繁殖，它们在秋季会向南迁徙，到美国南部的低海拔平原上食用谷物和其他作物。它们的迁徙总是令人期待，成千上万只身体雪白、翼尖乌黑的雪雁遮天蔽日地到达，是世界上最了不起的野生动物奇观。

但是在大西洋的对岸，每年只能看见一两只雪雁，它们通常混在冬季迁徙的白额雁雁群中，来到外赫布里底群岛之类的荒野。这里出现的雪雁看起来很可能是飞越大洋而来的迷鸟，但是生活并非总是如此简单。在英国，雪雁也是一种常见的人工饲养的鸟类，而部分人工饲养的雪雁也确实逃逸到野外，并能成功繁殖。有一群人工养殖，后来逃逸的野雁就生活在科尔岛上，那里离我们猜想的野生雪雁出现的地方不远。

因此，当一个外形出挑的雪白身影出现在一群野生的灰色雁群中时，它的来源总是让人质疑。唯一能解开这个谜团的办法是检查这只雪雁是否戴着在北美安置的脚环。有时候这确实会发生，由此我们才能确定某些雪雁的确靠着自己的力量来到了这里。

这样的精微判断并不会影响作家保罗·加利科。他的小说《雪雁》在1941年出版，这本书讲述了一位名叫弗里萨的年轻姑娘救助一只受伤的雪雁的故事。她把这只雪雁交给一位残疾艺术家菲利普·赖厄德（这个人物部分源自鸟类学家和保护生物学家彼得·斯科特）。他照料

并治好了雪雁。

后来赖厄德驾着他的船去帮助敦刻尔克大撤退，但是没能回来，人们估计他葬身大海了。在来年的冬天，雪雁又回到了埃塞克斯的湿地，弗里萨看到它就想起了失去的爱人。这部关于爱情、失去和友谊的力量的寓言出人意料地成了畅销书，也许是因为这个故事本身就反映了那个时代的动荡。

林百灵

托马斯·哈代笔下的“被诅咒的荒原”是我们最特别的一些鸟类的故乡，它们包括欧夜鹰、黑喉石䳭、波纹林莺。但是另一种鸟也住在这里，它一种棕色的小鸟，似乎是为了弥补相对平凡的羽毛而有着动人的歌喉。这就是林百灵。

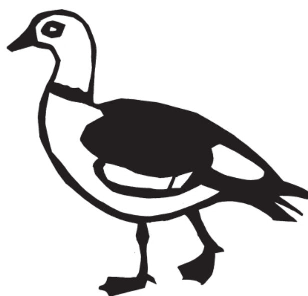
林百灵是云雀的近亲，但是它们在英国却要罕见得多。林百灵主要在英格兰南部和东安格利亚地区繁殖。比起云雀，它们对居住的环境要挑剔得多，它们的栖息地或多或少地局限在石南丛生的荒野和刚被砍伐过的针叶林里，它们会在这里裸露的沙地上挖一个小坑来产卵。在孵卵时，雌鸟的背部与周围的地面齐平，它那带着棕色条纹的羽毛在周围的环境中就是完美的伪装。

正如林百灵的名字所示，它会站在开阔地或种植不久的人工林的树木枝头高歌。与近亲云雀一样，它最不同寻常的特征就是炫耀式的鸣飞，雄鸟会高高飞到领域的上空，缓慢地绕一个大圈。

林百灵进行空中表演时，它那宽宽的翅膀和短小的尾巴使它看起来像是一只小型的日行性蝙蝠。在回旋时，它会唱出一串响铃般的音符，比起云雀的歌声更加简单而纯粹，这声音像流水一般，音阶渐渐降低。在法国，这种歌声给林百灵带来了“璐璐云雀”（Alouette lulu）这个名字，这也对应了它们的拉丁文属名*Lullula*。

法国的作曲家奥利维耶·梅西昂创作的很多乐曲都受到了鸟儿鸣唱的影响。他认为林百灵的歌声是他听过的最美妙的鸟鸣。这声音还启发了杰拉德·曼利·霍普金斯与罗伯特·彭斯的诗歌。但是林百灵并不在苏格兰繁殖，因此彭斯听到的歌声也许来自树鹨。让人疑惑的是，这种鸟过去也曾被叫作“林百灵”，但是它的歌声显然无法与真正的林百灵那纯净的、流水般的声音媲美。

埃及雁



这是一种出现在古埃及坟墓里的艺术作品中的鸟类，它还与鳄鱼和河马共同分享着野生动物纪录片的镁光灯。这样一种鸟看起来不太可能是《鸟鸣时节》的候选人，但埃及雁却是官方认可的英国鸟类，并且在英国的生存状态十分不错。

埃及雁在撒哈拉以南的非洲广泛分布，十分常见，当然在埃及也同样如此。它们是外形古怪的鸟类，颜色粉中带棕，有深色的眼圈，飞行时两翼有大块的白斑。除非你已经熟悉这种鸟类，否则当你在英格兰的郊野看到它时，第一反应很可能是："这到底是什么东西？"

正是埃及雁的异国外貌最初把它们带到了英国，早在17世纪后期，当这种鸟刚刚被引入英国时，它们就引起了雁鸭收藏家的兴趣。到了20世纪80年代，它们主要还是分布于北诺福克的霍尔克姆庄园，在那里有几百只埃及雁在一座园林湖泊及其周边的地面上觅食、游嬉。从那以后，不知道因为什么原因，它们开始向英格兰东部和南部扩散。由于它们在树洞里筑巢，那些古老森林周边的湖泊成了它们的首选之地。

正如你所推测的一样，作为一种来自气候温暖的故乡的鸟类，它们在我们经历寒冬的时候活得很费力。埃及雁在2月或3月就早早开始繁殖，结果它们的很多幼鸟都意外死亡。

尽管如此，今天还是有超过1 000对的埃及雁在英国繁殖，你甚至在伦敦的海德公园里也能找到它们。在那里，它们与大树上叽叽喳喳的红领绿鹦鹉一起给首都增添了不少异国情调。现在，它们也在稳步地向北和向西扩张，因此你无论住在哪里，在接下来的几年里都更

有可能在你家附近看到这种古怪的鸟类。

高山雨燕

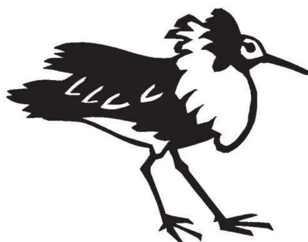
一个由棕色和白色组成的镰刀形身影在春季的云端划过，那可能是高山雨燕。如果能够确定，那么这一定是你的幸运日，因为高山雨燕是我们熟悉的普通楼燕的巨人近亲，它们在英国很罕见，平均每年只有10次目击记录，其中大多数都是在春季。

它们就像是服用了激素的普通楼燕，身体保持着锚的形状，而翼展达到了60厘米，这差不多与灰背隼的翼展相仿。它们的羽色比我们通常看到的灰褐色楼燕淡了很多，上体为咖啡色，下部为乳白色，胸口有一道棕色横带。它们的名字有一点歧义，因为这种雨燕遍布南欧，西起西班牙，东至土耳其。这种飞行技巧高超的鸟儿在各地著名的旅游景点上空翱翔，无论是雅典的帕特农神庙，还是罗马的大斗兽场，都有它们的身影。它们持续发出尖锐的叫声，比普通楼燕的声音频率略低。这种声音是地中海地区的许多城镇和乡村的背景音乐，其实那是它们在捕捉空中的昆虫。

每年春天，总有几只高山雨燕在从非洲的越冬地飞回欧洲时越过了原计划的目的地，最终在英国南部停下来，尤其是3月或4月的早期高压脊给西欧带来晴朗明媚天气的时候。

高山雨燕并不是这样到达英国的唯一鸟类。包括蜂虎、戴胜在内的其他一些来自欧洲的候鸟也会在每年这个时候走过头，到达英国，并且偶尔还会留下来繁殖；不过高山雨燕从没有这样做过。但是因为它们飞行的速度如此迅捷，而且跨越遥远的距离又如此容易，所以这些鸟儿可能会在从伦敦市中心到设得兰地区的任何地方出现。因此，在晴朗的春日里值得抬头张望，也许你就能看到高山雨燕像一道弧光一样闪过天际。

流苏鹬



猜出流苏鹬的英文名字为什么是ruff（意为“轮状皱领”）并不能得到任何的奖励，特别是当你看到流苏鹬的雄鸟穿着春季的华服的时候。它们这时尽情展示着可以让都铎王朝的贵族汗颜的华丽颈部饰羽。雄鸟总是和其他雄性在一处叫作“求偶场”的地方相互炫耀，争取与围观的雌鸟交配的权利。就像马鹿的求偶行为一样，这是一种“赢家通吃”的表演，在这个过程中，大多数的雄鸟只能以失望告终。

当它们聚集在一起进行这场非同寻常的展示时，这种羽毛丰盛而浮华的涉禽确实魅力非凡。但是在一年里的其他时节，它们仅仅是另一种体型中等、羽色棕黄的普通涉禽，身形与红脚鹬相仿，当然腹部要更加圆润，喙更短，并且腿部呈现淡橘色而不是红色。雌鸟又被称作“里夫”（reeve），它们的体型比雄鸟小不少；当雌鸟和雄鸟在一起时，它们看上去完全就像不同的种类，对于不熟悉流苏鹬种类变化的新手而言尤其如此。

流苏鹬每年秋季会经过英国，那时它们离开了位于斯堪的纳维亚或西欧低海拔国家的繁殖地，向南迁徙。有一些流苏鹬会在英国度过整个冬天，其他的则会一路飞到非洲，它们在那里与火烈鸟、白鹭和鳄鱼分享湿地家园。

在来年春天，当它们返回时，有些雄鸟已经换上了鲜艳的饰羽。这些引人注目的颈部羽毛可能是黑色、白色、姜黄色，或者所有这些颜色的混合体，它们在求偶时是重要的武器。

求偶场大多位于湿地草甸，流苏鹬之后就会在那里繁殖。大多数雄鸟都在求偶场占有一小块叫作“居留地”的土地，它们会在那里展示一连串夸张的表演，以吸引围观的雌鸟。但是它们并不总会成功，在

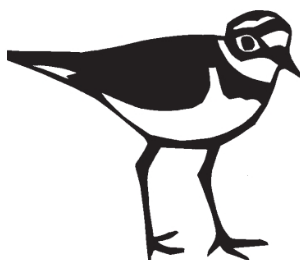
求偶场周边，另一些被称作“卫星型雄鸟”的鸟儿在观察和等待，它们也希望引诱一只雌鸟并与之交配。让事情变得更加复杂的是，科学家们最近又发现，还有一些雄鸟没有长出颈部的饰羽，看起来与雌鸟一样，这些神秘的雄鸟被叫作“伪雌”（faeders，它是从古英语中的“父亲”一词变化而来的）。

当那些炫耀的雄鸟相互争斗时，巨大的求偶场就变得鲜活起来。雄鸟拍动翅膀跃入空中，用长腿攻击对方。但遗憾的是，在英国很少有这样的求偶场，因为这里的流苏鹬繁殖鸟太少了，在近年只有五六次记录。但每年确实有很多流苏鹬经过我们的湿地，飞往北方繁殖，因此，在春暖花开的日子里，你总有机会亲眼见到它们。

金眶鸻

一个还在使用的砾石坑也许是最不可能找到我们最稀有的一种繁殖鸟的地方。但是就在这里，在嘈杂的载重卡车和来来往往的挖掘机之间，金眶鸻决定做巢。

正如金眶鸻的英文名字（little ringed plover）所示，它是我们海滩上常见的鸻鹬类剑鸻（ringed plover）的更小、更纤瘦的近亲。金眶鸻与剑鸻的区别主要在于体型更小，腿为绿色而不是橙色，喙的基部缺少橙色；另外，你如果靠得足够近，就能发现金眶鸻有着与众不同的柠檬黄色眼圈。它的叫声也同样特点鲜明，那是一种尖锐的“pee-oo”声，即使在运输卡车的轰鸣中你也能听得很清楚。



与大多数剑鸻不同，金眶鸻会躲开海边的环境，它们更喜欢在内陆繁殖。在欧洲大陆上，它们常常在急流边的鹅卵石滩上筑巢，冬季的洪水会冲刷掉那里所有的植被。这使得它们的4枚一窝的鸟卵完美地融入周围的鹅卵石环境中，对于红隼、乌鸦之类的从空中俯视的捕食者而言尤其如此。

直到二战期间，金眶鸻还是一种罕见的访客，总共只有五六次记录。但是在1938年，有一对金眶鸻在赫特福德郡一座水库裸露的碎石岸边营巢繁殖。六年以后，它们回到那里，并在附近的米德尔塞克斯郡再次繁殖，这让鸟类学家兴奋不已。金眶鸻从此在英国建立了繁殖种群。

这个值得纪念的事件被一位年轻的报纸记者写成了小说，这位记者名叫肯尼思·奥尔索普，他后来成了我们最著名的媒体人和博物作家。《冒险点亮星星》是以一个男孩的视角讲述的冒险逸事，在书里，一位残疾的英国皇家空军飞行员和两个少年一起制止了一名渴望

在鸟类学史上占据一席之地的贪婪偷蛋者，保护了金眶鸻的鸟巢，使它们得以在英国建立一个永久的据点。

金眶鸻的繁殖地之所以让人惊讶，原因就在于它们并不在偏远的蛮荒之地，而是位于城郊的边缘，用奥尔索普的话来说，就是“那凌乱的边缘既非城镇又非乡村”。它们选择这样的地方，是因为战后的建筑热潮，对于鸟类而言，这些新挖掘的砾石坑成了完美的营巢点。不到十年的时间，金眶鸻的鸣叫和身影就出现在碎石场、垃圾堆和新建的水库里，这些分布区最北可达柴郡。

今天约有1 200对金眶鸻生活在英国，这些棕色和白色相间，还有着黑色的面罩和颈纹的涉禽出现在了许多砾石坑和自然保护区里。在威尔士，它们已经开始在河岸上的自然栖息地营巢。你如果足够幸运，那么就能在早春的清风中看到和听到金眶鸻雄鸟那蝴蝶般的鸣飞了。

赭红尾鸲

在都市的荒地上，火焰般的橙色闪动着。这番景象总是会受到欢迎，它标志着我们最稀少的繁殖鸟之一出现了，那就是赭红尾鸲。

因为人类活动的原因，在二战期间有一种鸟在英国安家，在一个全新的栖息地繁殖，这毫不令人感到意外。但是如果有两种鸟都是如此，就确实是非同寻常了。这就是赭红尾鸲让人惊讶的故事。

与金眶鸻类似，赭红尾鸲直到20世纪早期在英国还非常罕见。在欧洲大陆上，这种鸟类却十分寻常，尤其是在山丘和山脉的岩石坡上，或者在城镇和乡村的边缘区域。赭红尾鸲在英国的第一笔繁殖记录出现于20世纪20年代，但它们真正在这里建立稳定的繁殖种群，却源自我国历史上最可怕的事件之一—闪电战。

在20世纪40年代早期，德国空军炸毁了英国很多的城市，其中包括伦敦。在战争年代，那些炸弹的爆炸点一直都处于废墟的状态，很快就开满了柳兰之类的野花，而这些野花又吸引了大量的昆虫。到了1942年，仅仅伦敦一地就出现了20只以上引颈高歌的赭红尾鸲雄鸟，并且一些散落分布的赭红尾鸲也开始占据其他的城镇和都市了。

尽管它们从此被贴上了“炸弹废墟鸟”的标签，但是赭红尾鸲也会在其他棕色地带（半污染地带）或人类建筑区繁殖。发电站、破旧的船坞、铁路岔道和天主教大教堂都有它们的巢穴。与之相应的是，它们的歌声也含有相当多的人造感觉和金属般的腔调，这种鸣唱常常被比作轴承滚珠相互摩擦的声音。这样的声音可以穿透嘈杂的都市交通噪声。

如果你能亲眼见到这种鸟类，只要你能够仔细观察，就不会把它与别的鸟类搞混。它的大小和欧亚鸲差不多，不过身材要更加苗条；它的身体是灰黑色的，喉部的颜色更深，飞行时两翼各有一块白斑。但是最与众不同的特征当然是它那橘红色的尾巴（英文名black redstart中的start在盎格鲁—撒克逊语里是“尾巴”的意思），这只尾巴总是上上下下摆动个不停。

现代化的发展进程极大地降低了赭红尾鸲在我们城镇里建立繁殖点的可能性，因此，它们作为英国的繁殖鸟，近年来数量有所下降。如今只有大约30对繁殖鸟在英国营巢，其中多数依然待在东部和南部的城市中心。不过每年秋季还是会有大量的赭红尾鸲从欧洲大陆迁徙而来，享受我们的温和气候。它们中的一些在南部海岸地区的沙滩上过冬，在那里的悬崖下面寻觅昆虫。

但是在希望的原野上还是射出一道曙光。一些都市建筑开始被“绿色屋顶”所覆盖，这些富含鲜花和昆虫的地点可以替代它们所需的生活环境。赭红尾鸲已经开始利用这些新家了，它们现在仍然在喧闹的城市里觅食和繁殖，只是更加高高在上了。

环颈鸫

永远不要小看你在春天看到的欧乌鸫。如果你足够幸运，你可能会从中发现环颈鸫。它们发出像石子滚下山坡一样的咔嗒声，大声宣告它们回到英国西部和北部的高地了。这种鸟儿又被称作“山地欧乌鸫”，它们确实是我们熟悉的花园鸟类的近亲。但是与它们更加常见的表兄不同，环颈鸫只是夏候鸟，它们在早春到来，并在英国最具野性，同时风景也最美妙的区域建立繁殖领域。这些地方往往位于高山溪谷，雄鸟在一旁的峭壁上吟唱，歌声清亮而婉转。

环颈鸫雄鸟的外形确实非常英俊，它们通体乌黑，前胸有一块被称作“护颈”的宽阔的白色斑纹，即便从远处观察也很明显。与欧乌鸫的雌鸟类似，雄性环颈鸫的配偶是棕色的，但是也带着淡棕色的护颈。环颈鸫的亚成鸟看上去像是长着鳞纹的欧乌鸫，但当它们飞行的时候，成鸟和亚成鸟的两翼都会露出银白色的斑纹，它们的鸣叫也比欧乌鸫更粗糙有力。

不幸的是，环颈鸫在它们的传统繁殖地越来越难见了，这些地区包括北约克高沼地、西南部的达特穆尔高地，以及苏格兰和威尔士的山地。它们数量下降的原因还不确定，但是这种低繁殖率也许与夏季变得更干燥有关，气候的变化使得这些鸟儿难以找到足够的蠕虫喂养幼鸟。

环颈鸫在北非的山区过冬，在那些地区持续增加的放牧活动，以及杜松灌木的逐渐消失，进一步增大了这种鸟类的生存压力，因为这

种杜松的浆果是它们在冬季的重要食物。

但是，无论你住在哪里，当环颈鸫在春季飞往英国和斯堪的纳维亚的繁殖地，途经低海拔地区时，你还是有机会看到它们。这些鸟有一些传统的迁徙驿站，它们会在迁徙途中停下休息，为下一段旅程补充能量。这样的驿站通常位于丘陵或矮山的山巅，环颈鸫会在这里大量进食蚯蚓。因此，在3月末到4月的日子里，请务必用饥渴的目光审视那些欧乌鸫，幸运的你很可能从中看到一只带有宽阔的白色领斑的鸟儿。

4月

丘鹬

黑琴鸡

欧柳莺

扇尾沙锥

白腰杓鹬

大麻鳽

黑斑蝗莺

灰伯劳

灰白喉林莺

绿啄木鸟

戴胜

纵纹腹小鸮

小□□

欧鸽

西方松鸡

棕硬尾鸭

普通秋沙鸭

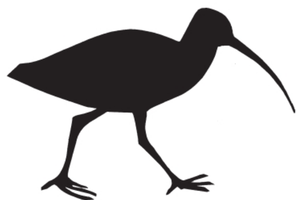
红喉潜鸟

暴风鹱

石鸻

扫码欣赏图片和鸟鸣

引子



一道钴蓝色的闪电划过农家庭院，与之相伴的是一阵热情的呢喃。这只能说明一件事：家燕从南非回来了。

不管春天的天气是多么灰暗和阴冷，只要一见到家燕，一听到它们的声音，冬季的所有阴霾统统烟消云散。4月就是庆祝迁徙的月份。当一群又一群过冬的雁鸭和涉禽往北飞时，非洲的候鸟从南方蜂拥而来。

我们现在已经明白迁徙的目的和艰辛，但是我们那些不常出门的祖先，对于每年春天突然出现的鸟类有他们自己的—有时是相当奇怪的解释。大约两千四百年前，希腊哲学家、博物学先驱亚里士多德声称，燕子在地洞或树洞中冬眠。两千多年后，吉尔伯特·怀特发现很难放弃冬眠理论，他写信给他的博物学同行托马斯·彭南特说：“我完全同意你的意见—在冬天虽然大多数燕子可能会迁徙，但也有一些会留下来，和我们一起躲起来。”直到20世纪现代鸟类学出现，我们才开始了解候鸟是如何在全世界找到自己的迁徙路径，并为它们的非凡成就而惊叹。

在英国，4月是重新学习羽毛、鸣叫和歌唱等知识的时节，因为我们要重新熟悉六个多月没见过的那些鸟儿。所有这些小型候鸟都是食虫鸟，它们返回的时候正好赶上欧洲北部的昆虫现身。大黄蜂蜂后从冬眠中醒来，嗡嗡地飞过，寻找着巢穴。毛毛虫群集在展开的树叶上。毛茸茸的蜂虻悬停在欧洲报春上，寻找着花蜜。

这个舞台是为迎接我们数量最多的夏候鸟而搭建的。在本月的头几天里，你可能会听到一棵黄花柳或桦树苗上传来轻柔的音符，一开始喷薄而出，然后逐渐消失。这是一只欧柳莺，虽然它甜美、犹豫的鸣唱经常被鸫和鹪鹩更响亮的鸣唱声淹没，但它是对迁徙节奏运转如

常的肯定。这只鸟近期的邻居可能是羚羊和斑马，而现在它在英国的一片灌木林里。

随着4月时间的流逝，闸门打开了。突然间，到处都是灰白喉林莺，它们在缠绕在一起的树篱上发出炸裂般的鸣唱声。白腹毛脚燕在郊区上空高高飞翔，春天的声音在林地和灌木丛中回荡。杜鹃已经从非洲中部热带雨林中的越冬地回来了，尽管它们的数量已经不像以前那么多了，但在英国大部分地区仍然可以听到它们的声音，尤其是在北部地区。我们谁都不需要重温它们的叫声，在黎明合唱团里，它们的鸣唱一天比一天响亮。

这个月真正令人兴奋的是，你可以看到那些可能不会在你家繁殖的鸟类往繁殖地飞。对于那些专注于“自留地”观鸟的人来说—你的“自留地”可能是你的花园、本地的公园，或者是交通便利的乡下的某个地方—4月可以带来各种各样的好处。不管它们是发出响亮的“wheesp”声的飞行的黄鹡鸰、沿着森林边缘移动的红尾鸲，还是落在本地操场上的穗䳭，有时你都不容易搞清楚下一步该往哪看。

4月的沼泽地生机勃勃。芦苇莺停在去年的芦苇枯枝上，而水蒲苇莺则从边缘的灌木丛飞向天空。在大芦苇床附近，你可能会幸运地听到大麻鳽低沉的鸣叫，它像老虎一样用条纹把自己隐藏在沙沙作响的枝干之间。在春季的狂热里，其他伪装得很好的鸟短暂地把小心谨慎抛诸脑后。夜幕降临时，林区空地变成了丘鹬怪异的飞行炫耀的舞台，它们在空中巡逻时叽叽咕咕地叫着，而沙锥则像山羊一样在碱沼和酸沼上空咩咩地叫着，在渐渐暗下来的天空中迂回盘旋。

在英格兰北部、威尔士和苏格兰的一些高地地区，在沼泽与林地边缘相接的地方，如果你起得很早，当黎明降临到这片荒凉的土地上时，你可能会听到冒泡声和喷嚏声。这是不列颠群岛最令人难忘的野生动物奇观之一—黑琴鸡在求偶场进行炫耀。这些长着七彩尾巴、红色鸡冠的蓝黑色雄鸟在草地上昂首阔步、烦躁不安，呼出的气在清晨寒冷的空气中一缕缕上升。它们像游乐场的碰碰车一样四处奔忙，试图给旁观的雌鸟留下深刻印象。作为一种声音体验，这番响动首屈一指，介于鸽棚和蒸汽机拉力赛之间。

每个人都有自己最喜欢的春之声，对我们当中的许多人来说，它离家园更近。这可能是庭院里的一只鹪鹩，在收集筑巢材料时，它会发出响亮的歌声；这也可能是一只欧乌鸫，当它的配偶在附近孵化带蓝绿斑点的卵时，它会在屋顶上鸣叫。

话说回来，这也可能是一只家燕，它回到去年的电线上鸣唱，希

望能吸引到一个配偶。我们现在知道，这可能正是去年夏天出现在此处的那只鸟，而且，虽然4月的鸟鸣听起来很活泼，但实际上这些鸟是在建立领域。不过我们很难不去把这些鸣唱当作成功返乡的庆祝，或者当作春天真正到来的标志。

丘鹬

随着夜幕慢慢在春季的森林里降下，黑色的阴影像远程控制的宇宙飞船模型一样移过树梢，并发出古怪的、好像来自地球以外的声音。这并不是火星人的入侵，而是正在炫耀的丘鹬。

丘鹬实际上属于涉禽，但是它们主要住在林地或者大森林里，因而很少在水边徘徊。它们是一种结实的鸟类，像又大又敦实的扇尾沙锥，而它们的羽色已经很好地适应了森林环境。总之，它们的特点就是壮实、喙长和伪装色完美。在林区的地面，它们依靠羽色隐藏自己，那羽毛是由锈红色、浅黄褐色、棕色和黑色的斑块拼接在一起的，当它们钻入落叶堆时就完全变成了所栖息的森林的一部分。

丘鹬给你的第一印象通常是突然出现的一坨模糊的黄褐色，紧接着是一阵急促的振翅声，那只鸟从你脚边不远的地方飞起来，以被弹弓弹射出来的速度在树干间辗转飞行——这种突然和迅速几乎让你心跳停止。

在森林的地面上，丘鹬很容易受到捕食者的攻击，但它们并不只是依赖伪装来保护自己。丘鹬长着大而深邃的眼睛，两眼之间的距离很远，配合它高高的身材，这对眼睛可以提供360度的视角，以便提前发现行为不轨的掠食者。

在冬季，不列颠群岛上大约有100万只以上的丘鹬，但是这些隐秘的鸟类却并不常被见到。环志标记显示其中的一些鸟儿来自遥远的西伯利亚，它们喜欢英国相对温和的冬季。

在春夏季节，丘鹬的分布更加集中，尤其是在英国南部地区。如果你知道在什么时间去哪里观看，它们是很容易被找到的。从3月到7

月，丘鹬摇身一变，从林中隐士变成了张扬的自我吹捧者。在清晨和黄昏，雄鸟总是巡视着自己的林间领地。它们一边巡视，一边进行求偶炫耀，这又被叫作“巡游”（roding）。雄鸟飞到树梢的高度，振翅略停。它们绕着大圈飞行，嘴里发出低沉或高亢的鸣叫。在这种巡游过程中，它们常常会驱逐别的雄鸟，也会拦截正在经过的雌鸟。

丘鹬的雏鸟在5月孵化出壳，它们也靠具有隐蔽性的羽色保护自己。如果雌鸟要离开巢穴，它就会在孩子的身上撒上粪便，用那种难闻的气味和味道驱赶捕食者。丘鹬的雌鸟还能把雏鸟夹在两腿当中或衔在嘴里，带着它们飞往安全的地方，不过这种极其隐秘的鸟类行为很少能被人类看到。

黑琴鸡

当第一缕阳光洒在冰霜覆盖的北方旷野上时，黑琴鸡的一连串鸣叫开始在长满石南的地面回荡。这声音像是信鸽的鸣叫中夹杂着蒸汽机的嘶吼。这种古怪的声音是由群聚在求偶场上的黑琴鸡雄鸟发出的。

黑琴鸡的雄鸟又被称作“黑公鸡”，它们受到雄性激素的驱使，在决斗场上相互竞争，试图赢得那些羽色更淡的雌鸟的注意。雌鸟又被称作“灰母鸡”，它们那斑驳的羽色像枯萎的石南和地衣。雄鸟展开古希腊里拉琴形状的尾羽，露出白色衬裙一样的尾下覆羽，向着它的竞争对手发出粗粝的、沙哑的鼻音以及成串的嚎叫，这种声音又被叫作“roo-kooing”。

随着求偶炫耀越演越烈，雄鸟疯狂地抖动，要么跃起身向对手扑击，要么在求偶场的中央绕着小圈疾行。我们很容易认为是这些雄鸟在控场，毕竟它们在这场复杂的求偶仪式中表现突出。

但是，如同自然界许许多多的例子一样，那些站在紫色的石南丛中平静观望的雌鸟才是真正做决定的角色。它们最终会决定与某一只雄鸟交配，这也意味着那只雄鸟会赢得把基因传递到下一代的权利。研究表明，雌鸟偏好体型较大的雄鸟，尤其是那些求偶炫耀更持久、领域最大、最接近求偶场中央的雄鸟，即有优势地位的雄鸟。

要想完整地看到求偶场上的表演，你需要在天亮以前就到达准确的位置。黑琴鸡需要一种复合型栖息地，其中包含荒原、沼泽湿地和森林等多种类型。求偶场一般会设在有着较多林间空地的森林边缘。但是由于我们重新整理土地，使得土地类型更加单一，许多这样的区域都消失了，黑琴鸡的数量也相应地减少了。

在18世纪，英国的每一个郡都有黑琴鸡的身影。但是经历了长期的、持续的数量减少之后，它们现在只分布在英国那些更加荒凉的高原上了。近年来，由于保护工作和栖息地恢复项目的开展，它们的数量在英格兰北部的蒂斯河谷等地和威尔士北部的部分区域大大增加。与此同时，黑琴鸡也被引入皮克山区，因此，现在更多的人有机会再次见证黑琴鸡那无与伦比的清晨炫耀了。

欧柳莺

一个明媚的4月清晨，在林地或石南灌丛的边缘，一种声音穿透了清晨的空气。这声音甜美悦耳，曲调抑扬顿挫而略带忧伤，音阶缓缓下降。它听起来既熟悉又陌生，因为在这里已经有半年多没有听到这种声音了。发出这声音的就是我们最常见的夏候鸟—欧柳莺。

它们的数量超过200万对，轻松超越了那些更加惹人注意的候鸟，比如普通楼燕、家燕或白腹毛脚燕，因此欧柳莺确实应该得到更多的关注。但是这种低调的小鸟依然独善其身，它的歌声尽管很美，却并不像它的近亲叽喳柳莺那样令人难以忘怀。

第一批欧柳莺在3月末就从非洲飞回来了，但是它们大群到达的时间却是4月的前两周。当这波小鸟在英国境内逐渐向北扩散时，它们常常会停下来高歌一两天，然后继续前行。

在越冬地，欧柳莺也许会尽情地在满是猴子的森林以及被羚羊啃食的荆棘丛中捕食飞蝇，然后飞越撒哈拉沙漠，伴着第一阵春风到达北欧。它们喜欢开阔而稀疏的新生林地和林场，桦树的嫩芽是它们的最爱，也许“桦莺”才是它们更恰当的名字。

欧柳莺属于柳莺属（*Phylloscopus*），属名在拉丁文中的意思是“树叶检查员”。这正是它们在树枝的新芽间寻觅昆虫的样子。当你第一眼看到这种鸟时，它并没有什么特别：橄榄绿色的后背，浅色的胸腹，眼睛上方有明显的浅色眉纹，看起来就是一只普通的“柳莺”的样子。但是随着你的观察变得深入，它那微妙的优雅就流露出来。长长的翅膀让它能够一路飞到西非又折返，当它在怒放的山楂花之间寻觅昆虫的时候，这对翅膀看起来优美而匀称。

它那隽永的歌声也是你会慢慢喜欢上的东西。这歌声帮助18世纪的博物学先驱吉尔伯特·怀特把欧柳莺与它的近亲叽喳柳莺、林柳莺区分开来，那些鸟儿出现在他位于汉普郡塞尔伯恩的家乡附近的森林

里。现代观鸟者也许会认为这三种鸟彼此相似的说法十分可笑，但是我们需要记住，当年怀特和他的伙伴观察鸟类时是裸眼观察，他们并没有我们今天使用的高倍望远镜啊。

欧柳莺一直是英国数量最多的夏候鸟，但在过去的几十年中，它们在英格兰南部和东部的某些地区的数量已经下降了三分之二。幸运的是，在苏格兰、爱尔兰、威尔士以及英格兰西部的大多数地方，它们依然数量众多。欧柳莺数量急速下降的原因仍在调查，但是很多人认为这是气候变化和栖息地改变的结果，这种变化同时发生于它们在这里的繁殖地和在非洲的越冬地。

扇尾沙锥

在一个晴朗的春天的傍晚，荒凉的外赫布里底群岛海风习习，一只扇尾沙锥的雄鸟停栖在木篱笆的桩子上，发出响亮的、锯木头般的声音。在暮光中，它飞上天空，在自己领域的高空中扇动翅膀，然后突然像神风特工队的自杀式飞机一样垂直下坠，之后再次急转上升。在这场疯狂的表演中，它一直发出一种独特的哭诉似的噪声。这种声音又被称作“鼓声”（drumming），听上去好像是有人在对着啤酒瓶口吹气，手指还在唇边来回移动。

人们很容易误以为这种声音来自鸟的嘴巴，但事实上它却来自这只鸟身体的另一端。扇尾沙锥的外侧尾羽有一个特殊的铰链结构，当它们在空中高速飞行时，这部分尾羽会像风中的旗帜一样猎猎作响。这是一切鸟类所能产生的最奇特的声音，扇尾沙锥也由此得到了盖尔语名字，其意思是“森林中的小山羊”，而它的英语俗名叫作“石南丛的羊叫”。

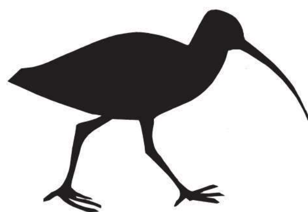
这种声音曾经遍及不列颠群岛的各种沼泽湿地，但过去的几十年里，扇尾沙锥繁殖鸟的数量在很多地方都在下降，尤其是在英格兰南部和东部，它们现在只在局部地区有所分布。即便新的湿地产生，它们也不会回来繁殖，这意味着是别的原因导致了它们的分布区整体北移，也许气候变化就是这个原因。

在秋冬季节，它们的分布更加广泛，这是欣赏它们羽毛上的花纹

细节的好机会。扇尾沙锥的羽毛有着完美的伪装功能，它们满身都是深棕色和稻草黄色拼成的斑纹，这有利于它们隐藏在莎草丛中。它们的体型并不比欧乌鸫大多少，但是长着特殊的长喙，它们用这只喙在松软、黏稠的泥地里寻觅蠕虫以及其他生物。在秋冬之际，你常常能看到它们在浅水池塘边觅食，它们的喙完全没入泥中，只有眼睛露出来，谨慎地提防着捕食者。

受惊的时候，扇尾沙锥会匆忙地按狂乱的“之”字形线路飞离，同时发出一种像是从湿泥中拔出长筒胶靴的刺耳叫声。这样一群扇尾沙锥又被叫作“一缕”（wisp），它们会在高空中盘旋，之后再次落进安全的草丛，继续进食。

白腰杓鹬



很少有鸟类的声音会像白腰杓鹬那绵延不绝的鸣叫一样，如此强烈地浓缩荒野的精神。我们体型最大的这种鸻鹬类有着双重的生活：在秋冬之际，它们群聚在河口滩涂及咸水湿地上；而到了春夏，它们又返回山区。

白腰杓鹬能捕食别的鸻鹬无法够到的猎物，它们把喙深深插入淤泥，探寻海蚯蚓和鸟蛤。它们又长又弯的喙布满神经末梢，这使得它们可以利用鸟喙尖端有弹性的部分探知这些食物的位置。受惊的时候，它们飞入空中，那棕色的羽毛令它们看起来像是鸥类的亚成鸟，除非你能注意到那巨大的鸟喙。

但是到了4月，大多数白腰杓鹬就离开了它们的越冬地，返回位于荒野或高原牧场上的繁殖地，它们在那冰雪消融的地面上寻觅蚯蚓和蛆虫。也有少数鸟儿会在湿润的低海拔石南地甚至农田里营巢，但是无论它们在哪里繁殖，你都能见证雄鸟的歌舞。

当白腰杓鹬的雄鸟表演时，它会向领域的高空飞去，并发出一连串独特的叫声。当它到达最高点时，它就会像滑翔伞那样张开双翼，利用上升气流略做悬浮；之后它的求偶展示达到了高潮，它像跳伞一样慢慢地降到地面。有时候它也会表演空中大回转，也就是一边鸣唱，一边急剧地俯冲再升起，并反复多次。

在传说中，17世纪一位叫作圣贝诺的圣徒有一次意外地把布道书丢在了威尔士海岸边的水里，一只白腰杓鹬捡起书并把它安全地带回岸上。为了表示感谢，圣布诺施法保护了这种鸟。这就是一直以来人们很难发现白腰杓鹬的鸟巢的原因。

尽管在英国的很多地区，白腰杓鹬的繁殖鸟已经变得越来越稀少

了，但是我们这里仍然是这种鸟类重要的越冬地。它们在冬季会从远至俄罗斯的地方迁徙而来，在我们海岸边的淤泥里觅食，同时也把那哀怨的歌声带给我们。

大麻鳽

在4月的一个浓雾弥漫的清晨，微风从去年长出的芦苇秆尖端拂过，发出沙沙的响声。你也许还能听到自然界最特别的一种声响，这低沉的声音与其说来自一种鸟类，还不如说来自远方浓雾中的轮船汽笛。这种著名的低音是由我们最稀少也最隐秘的一种繁殖鸟发出的，这种鸟就是大麻鳽。

大麻鳽的低音比英国的任何鸟鸣都更加低沉，也传得更远，如果空气稳定，这声音能传到5千米开外。在17世纪东安格利亚沼泽开始大规模排水之前，人们对这种低音一直十分熟悉，尽管那时人们并不知道大麻鳽是如何发声的。

有些人认为大麻鳽通过从一根空心芦苇秆下面呼气来放大声音。包括乔叟在内的另外一些人相信它们是直接在水下发声。《坎特伯雷故事集》中的巴斯夫人这样描述一个人物：“就像一只大麻鳽在泥滩中低鸣，她把嘴巴没入水中。”

我们现在知道，大麻鳽的食管周围长着有力的肌肉，它们把空气挤出食道，就能发出响亮的呼气声，这就是大麻鳽的低鸣的来源。诗人约翰·克莱尔在19世纪早期写道：“那噪声的开始部分是一种含混的低语，像是以一种快速的方式说出‘butter’（黄油）这个单词，而‘bump’（撞击）又紧随其后快速地发出来……”这种鸟由此得到了一个俗名—“黄油撞击”。它们还有其他一些地方性的名字，比如“沼泽鼓点”“结巴佬”，以及“泥滩里的公牛”。

听到大麻鳽的声音远比见到它容易，因为这种与我们所熟悉的苍鹭同属一个家族的鸟儿更喜欢待在芦苇深处。它那伪装性极强的羽毛上斑驳地混合着深浅不一的棕色，就像芦苇本身的颜色一样。这使得大麻鳽极难被发现，尤其是当它采取防御姿态的时候。此刻它的喙笔直朝天，而全身呆若木鸡。

大麻鳽时不时地也会在空中飞行一两分钟，棕色的羽毛和缓慢扇动的翅膀使它们看起来更像是猫头鹰而不是鹭鸟。但是通常在你发现它们的一瞬间，它们就落进安全的芦苇丛中。在过去大约两个世纪的时间里，大麻鳽所栖息的沼泽湿地被人为抽干，这种鸟类的数量也随之急剧下降。到了1900年，它们的繁殖鸟已经在英国绝迹，但是没过多久，少量大麻鳽又回到东安格利亚营巢。

尽管如此，到了20世纪末的时候，它们的数量仍然很少。在1997年，人们只统计到11只发出低鸣的雄鸟。有一段时间，看起来我们很可能要再次失去这种英国繁殖鸟了。那时它们大部分的芦苇栖息地都位于海岸边缘，并受到来自防浪堤缺口的洪水的威胁。

但是那时保育工作者下定决心拯救这种独特的鸟类，为了这个目的，他们建造了新的湿地保护区，并大面积种植芦苇。他们的远见和努力很快得到了回报，现在英国有100多只雄性繁殖鸟了，其中的30多只都位于同一个地区—萨默塞特的阿瓦隆沼泽。在这里，大量的新生湿地还吸引其他稀有的鹭鸟前来营巢繁殖，比如大麻鳽的迷你版亲戚小苇鳽。如今，在春季的一个晴朗的早晨，你会比有生以来的任何时候都有更大的机会听到—甚至看到—一只发出低鸣的“黄油撞击”。

黑斑蝗莺

并非所有的鸟鸣听起来都像是鸟发出的，有一种隐秘的鸟类发出的声音更像是来自昆虫。它被恰如其分地命名为黑斑蝗莺（grasshopper warbler，意为“蚂蚱莺”），并且它的属名*Locustella*（意为“小蝗虫”）也有相同的意思。

就像钓鱼者从手轮上放线一样，当黑斑蝗莺的歌声喷涌而出时，它们总是躲在浓密的灌木或荆棘丛深处。在听到第一声鸣唱的时候，你往往根本意识不到；只有你终于注意到这种鸣声时，你才会发现这鸟儿已经唱了好一阵子了。

在清晨和黄昏，你最有可能在过度生长的灌木和沼泽莎草丛中听到黑斑蝗莺的声音，但是它却很难被精确定位。这是因为它在鸣唱时脑袋总在左右转动，于是歌声就好像在变换方向，而精确定位也就几乎不可能了。这种特性激发了18世纪的博物学家兼牧师吉尔伯特·怀特的兴趣，他写道：“任何鸟类的鸣叫都没有这种小鸟那么有趣。当它明明在100码以外的时候，声音却仿佛靠得很近；而当它就在你耳畔时，声音却又并不比一只远远的鸟儿更响……”

黑斑蝗莺真像是一个口技演员，它的声音听起来更像是一种蟋蟀，而不是鸟类。但是如果你在4月或5月听到这种声音，那就肯定不是蚱蜢或者蟋蟀了，因为这些昆虫此时还未成熟，也不可能在春季歌唱。这声音还给年老的观鸟者增添了一重困惑，因为它是第一种我们

无法听清的鸟鸣，由于听力退化，我们无法辨别高频的声音。

如果黑斑蝗莺没有歌唱，那么要找到它们就是一个真正的挑战了，那需要耐心和细致的追踪。它们是分布范围相当有局限性的鸟类，常常出现在新生的针叶林种植场、水边潮湿的灌木丛或芦苇滩里，这些分布区散布于不列颠群岛各处。如果你最终能够看到一只黑斑蝗莺，那么你就会发现它是一种小巧、纤瘦的鸟类，并不比青山雀更大；它那卡其棕色的后背上带着深色的斑点，喉部色浅，还长着一条宽阔的尾巴。当它歌唱时，你立刻就会注意到它全身都在震动，似乎在竭尽全力发出那种不可思议的、滚轮式的歌声。

灰伯劳

当你漫步在春季的石南荒野或者高地沼泽上，你也许期待着看到一只在金雀花的矮枝上跳上跳下的黑喉石䳭，或是从高草丛中飞出来的草地鹨。但是有一种让石䳭和鹨都感到害怕的鸟类一定会让这一天变得特别起来，这就是灰伯劳。

与同样很少迁徙到英国，却断断续续在英国繁殖的红背伯劳不同，灰伯劳完全是秋冬季节的访客。在大多数的年份，只有不到100只灰伯劳会离开它们位于斯堪的纳维亚的繁殖地，拜访英国。

尽管非常稀少，但是灰伯劳却高调而显眼，它们有一种固有的习惯，总是停栖在伐木场空地或大片荒野中的突兀的小树或灌木顶上。它们是欧洲最大的伯劳，大小差不多等同于一只欧乌鸫，但总是标志性地笔直站立，身后垂着一条外缘雪白、长度惊人的尾巴。

灰伯劳是一种外表时尚的鸟类，上体为霜灰色，下体为亮白色，脸部戴着黑色的过眼面罩，这给它们的外形增添了冷峻的风采。它们黑色的喙尖端带钩，这个特征意味着它们不仅仅是鸣禽，同时也是高效的捕食者。

在冬季，它们都单独行动，以小型鸟类为食。它们能够将飞行中的猎物直接抓住，如果你足够幸运，你就能亲身见证这种惊人的技巧。它们还会食用小鼠、田鼠和鼩鼱，而且随着春天的到来，它们的食谱中还会加上蜜蜂和大型甲虫。伯劳又被称作“屠夫鸟”，因为它们有把猎物钉在荆棘上的习惯，就像一个屠夫把他的肉悬挂在肉案的钩

子上一样。

到了3月末、4月初的时候，灰伯劳开始准备离开。随着繁殖季越来越近，它们可能等不及飞越北海寻找伴侣，而是在出发之前就站立在树顶或者灌木的枝头放声鸣唱。

偶尔会有一只孤独的鸟一直留到5月甚至更晚的时候，但是到目前为止，除了不能确定的流言以外，还没有证据证明它们能在英国营巢繁殖。灰伯劳为什么不这样做，现在还是一个谜。但是考虑到它们的分布范围遍及北温带的北美、欧洲和亚洲，也许某一年就会有一对灰伯劳决定留在这里，从而创造我们新的鸟类学历史。

灰白喉林莺

从4月中旬开始，绿篱、公地以及耕地四周没有平整的部分都充斥着灰白喉林莺沙哑而狂热的叫声。它们在前一刻还悄无声息，后一刻就突然遍布各地，为自己安全地从撒哈拉以南的越冬地回来而庆祝。

灰白喉林莺是莺科的成员，但是它们与黑顶林莺和叽喳柳莺一样，由于长期被人熟知，早在科学命名法建立之前就已经拥有了俗名。它们还是欧洲最常见，分布也最广的夏候鸟，每年有100万对以上在英国繁殖。

然而，这种巨大的数量并不意味着它们容易被发现，它们大多数时间都潜伏在绿篱和密密麻麻纠缠在一起的植被之间，这也为它们带来了“荨麻旋木莺”的旧称。如果它们在大声嘶吼了一阵以后真的出现在你的面前，那么你就能看到它们的喉部确实是纯白色的，头部和脸颊带着柔和的灰色（雌鸟偏棕色），两翼则是栗色的。

值得庆幸的是，那些雄鸟并非只会在荨麻间攀爬。在4月，当它们刚刚到达这里时，它们就会站立在绿篱的栏杆顶端，或者更加引人注目地飞到空中，同时迅疾地唱出沙哑的歌，吸引雌鸟的注意。维多利亚时代的博物学家C. A.约翰牧师曾经写道，这种带有舞蹈性质的鸣飞还为它们挣得了一个乡村俗名—“会唱歌的焰火”。

在我们的乡间，灰白喉林莺是如此常见，因此每年春季它们的回归都被认为是理所当然的。然而在1969年4月，令许多观鸟者诧异的是，英国全部的灰白喉林莺中有四分之三都没能返回这里。调查发现原因出自萨赫勒地区的一场覆盖整个区域的严重干旱，这个地区是自西向东横跨非洲并紧挨着撒哈拉沙漠南缘的一条狭窄地带。灰白喉林

莺在某种程度上提前给了我们一个警示，它告诫我们，气候变化会对我们珍贵的候鸟产生严重的影响。

幸运的是，灰白喉林莺的数量恢复了，今天，我们低地原野上的绿篱中依然回荡着它们的歌声。在一个晴朗而明媚的春日，雄鸟高飞到空中，嘹亮地宣示着对身下那一小块绿地的临时所有权，这让每个看到它们的人都身心沉醉。

绿啄木鸟

当你穿过森林，逐渐灰暗的天空和越吹越强的狂风预示着变幻无常的4月将给你送来一场暴雨。在雨滴就要落下时，你可能会听到一声响亮的、大笑般的叫声，这就是绿啄木鸟。

这种疯魔般的声响带给绿啄木鸟一个乡间俗名—“雅福”（yaffle），但这个声音也许和你在暴雨前听到的声音并不完全吻合。我们最大的啄木鸟的另一个俗名是“雨鸟”，因为它的鸣叫被认为是暴雨的前奏。

你在英国大部分的森林、公园、荒原和大型花园都能听到这种声音，但是在爱尔兰却完全听不到，这是因为在上一个冰河世纪的末尾，当这种鸟向西、向北扩散时，爱尔兰海成了它们不可逾越的屏障。

也许你期待在大树上发现绿啄木鸟，它们尽管确实在树上做巢，但大部分时间却是在地面度过。这些鸟在草地或者牧场上寻觅主食，也就是蚂蚁和它们的蛹。绿啄木鸟用坚硬的尾羽支撑住身体，把又长又黏的舌头轻轻伸入蚁丘的中心，拔出舌头时，其表面就沾满了小小的昆虫。如果在这时惊起一只绿啄木鸟，它会立刻大声叫喊，飞到远处，飞行时还露出柠檬黄色的后腰。它们在这样飞行的时候如果被人

见到，有时会被误认为是金黄鹂，甚至是逃逸的鹦鹉。

与大斑啄木鸟或小斑啄木鸟不同，绿啄木鸟很少敲击树干。它们转而用那种响亮的笑声来警告对手并宣示领域。在交配前，雄鸟和雌鸟会立起头顶的红色冠羽，扇动翅膀，抖动尾巴，绕着树干玩起捉迷藏式的游戏。这是滑稽但又魅力十足的一幕。到了夏天的末尾，绿啄木鸟的幼鸟从漆黑的巢穴中钻出来，伏在不远处它们最喜欢的蚁丘上。这些幼鸟灰不溜秋，满身斑驳，看起来活像是它们父母被水冲洗后的版本。

戴胜

戴胜发出“poo-poo-poo”的三音节啸叫，声传千里。它瞬间就把我们带到了地中海边尘土飞扬的葡萄园或东欧的森林里。这种外形花哨而又充满了异国风情的鸟类看起来完全不属于英国的草坪。然而，事实上它们在英国并不只是一种偶尔出现的访客，有时候它们甚至还会在这里配对和繁殖。

戴胜的大小与槲鸫相仿，它的样子让人过目不忘。它身披橙红色的羽毛，长着一只又长又弯的鸟喙，并利用这只喙在低矮的草地上探寻蛴螬；它的头顶还戴着镶黑色边的气派的冠羽，一旦受激就会像扇子一样张开。在飞行时，戴胜又变成了一只黑白相间的蝴蝶，两翼宽阔且镶着明显的白斑。因此，即使是对于从不观鸟的人来说，它们也不会被忽视，尤其是当这些鸟出现在人工修理的花园草皮上的时候——戴胜时不时地会出现在那里。

戴胜在英国并非真的那么稀少，每年都有100只以上的戴胜在这里现身，它们大多数都在4月或者5月出现在南部的郡。这些来到英国的鸟儿都是在从非洲迁回欧洲的途中飞过了原本的目的地，它们通常都是孤身而来，不过有时也会有成对到达并在这里繁殖的情况。但是到目前为止，戴胜还不能在英国建立它们稳定的繁殖种群。

在欧洲大陆上，这种鸟就相当常见了，它们广泛分布于果园和开阔的乡野。它们在那里的树洞里繁殖。它们的巢穴气味不佳是极为出名的，在它们的鸟巢里，雏鸟四处播撒粪便，而亲鸟却似乎对此无动于衷，完全不去清理。据说你通过气味就能找到戴胜的鸟巢。

在世界上的其他地方，戴胜与当地文化有着悠久的关联。在古埃及，它们被认为是宗教鸟类，并出现在很多古墓的壁画上。戴胜在阿里斯托芬的戏剧《鸟》中还被描写成鸟类之王，而在2008年它们又被选作以色列的国鸟。

纵纹腹小鸮

一株古老的橡树高高伸出绿篱，它的树枝间传出一声响亮的嚎叫，这声音出卖了纵纹腹小鸮那微微摆动的轮廓，这是目前我们五种猫头鹰的繁殖鸟中体型最小的那种。

纵纹腹小鸮身披棕灰色的羽毛，上面还镶嵌着白色的斑纹。它真的是一种很小的鸟类，身长和椋鸟相仿，但是要比椋鸟壮实很多。它长着大大的脑袋、短小的尾巴和圆润的翅膀。如果你惊扰了一只纵纹腹小鸮，那么它会立刻贴着地面飞走，之后摇摇摆摆地停在电线杆或门柱的顶端。它在那里上下摆动，那黄黑相间的大眼珠紧瞪着你。

尽管纵纹腹小鸮也会在采石场或古老的农场建筑里营巢，但它们还是更喜欢农场和公园里那些成熟的大树，在那里，它们靠捕捉小型哺乳动物、蠕虫和昆虫来养育后代。黄昏降临时，如果你的运气不错，那么你可能会看到一只小鸮跑过田野上的沟壑，一把抓住露头的蚯蚓或匍匐在地的屎壳郎，那姿态完全不像是一只猫头鹰。它们与其他猫头鹰一样，在夜间都很活跃，但是你在白天也常常能见到这些小鸮，它们要么蹲在电线杆顶端和死去的大树上，要么出现在那些老旧的农场建筑周围。

尽管现在纵纹腹小鸮在英国的低海拔地区分布广泛，并且看上去怡然自得，但其实它们并不是我们群岛上的本土物种，而是从欧洲大陆被引入这里。

英国第一次出现关于纵纹腹小鸮的记录，是在18世纪中叶，当时一只小鸮在伦敦塔的烟囱里被人活捉，但是那只鸟很可能是一只逃逸的笼养鸟。一个世纪以后，在1843年，离经叛道的约克郡乡绅、博物

学家兼探险家查尔斯·沃特顿从罗马引入了纵纹腹小鸮，并在约克郡韦克菲尔德附近的自家庄园里放飞了这些鸟儿。他明显是希望这些小鸮能够在他的菜园里发挥作用，吃掉那些害虫。

这些最早放归的鸟儿并没有存活太久，但是后来另外一些乡绅的尝试更加成功。鸟类学家利尔福男爵被认为是第一个成功地从荷兰引入纵纹腹小鸮的人，在1889年的北安普敦郡，英国的第一对小鸮繁殖了。

到了1900年，它们已经扩散到南方的好几个郡；到了1930年，纵纹腹小鸮已经遍布亨伯河以南的地区。不过，直到1958年，它们才在苏格兰地区繁殖，并且如今在苏格兰仍然不多见。今天，在英格兰和威尔士低地的大多数田野与公园里，你都能听见纵纹腹小鸮那嘹亮而又旋律优美的春日赞歌。

小□□

你肯定想不到，在春天的湿地里能听到像小矮马的嘶鸣一般的声音。但是这并不是什么水中马术表演的前奏，而是小□□宣示领域的叫声。

作为我们最小的游禽，小□□是一种粗短、矮小的生物，它的体型比那些小型的绿翅鸭还要小得多。在冬季，它们的羽色是平淡的棕色和浅黄色，但是到了繁殖季节，这些鸟儿看起来就相当炫目了，它们的脸颊和颈部两侧都有深栗色的斑块，喙的基部呈现出亮黄绿色的斑点，好像有人给它们抹上了荧光漆。

它们在全年里都会翘起蓬松的尾羽，浮在水面上时，看起来就像是浴缸里的小黄鸭。但是这样的场景常常转瞬即逝，因为小□□总是行踪隐秘，尤其是在繁殖季节，那时它们要么潜伏在芦苇和灯芯草丛中，要么潜到水下躲避人类的观察。莎士比亚也注意到这种潜水的习性，他写道：

像潜水的小个子那样透过浪花瞥了一眼，

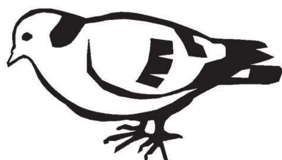
看见有人张望，就又钻入了水底……

和“潜水的小个子”（dive-dapper）类似，它们的另一个俗名是“钻水的雏鸟”（dabchick），这个名字指的是它们消失在水面的动作，同时也形容它们的样貌与其他某些雁鸭的幼鸟相似。

由于身材如此矮小，它们除了能在大型湖泊、水流缓慢的河流以及砾石坑中繁殖，那些小型的水塘和人造运河也难不倒它们。与别的□□相似，它们也用水草和水边的植物建造一个漂浮的平台，并在上面产下一窝白色的鸟卵。之后不久，亲鸟就把水草盖在这些鸟卵上面，把它们染成橄榄绿色，以这种方式躲避捕食者。那些头部像是条纹薄荷糖一样的幼鸟在春天的末尾孵化出壳，它们吵吵嚷嚷地索要小

鱼或淡水里的无脊椎食物，要么跟在父母身后排成一行，要么急切地跳上亲鸟的后背搭一段顺风车。

欧鸽



很少有别的英国鸟类会像欧鸽那样，既随处可见，又总被忽略。这些青蓝色的鸟类看上去很像斑尾林鸽，又与野化家鸽类似，因此常常被人认错。但是你一旦熟悉了它们柔和而低沉的咕咕叫声，那么就会发现这种鸟原来无处不在。

Pigeon和dove都是鸽子的意思，它们在大多数时候可以通用，但是pigeon通常是指鸠鸽科中体型更大的种类。对于欧鸽（stock dove）这种鸟来说，也许pigeon是更合适的名字，因为它们只比我们熟悉的斑尾林鸽略小。欧鸽在外形上与斑尾林鸽的不同之处在于，它们的颈部和两翼没有白斑，同时羽色也带有更多的蓝灰色阴影。从近处观察，它们也很有魅力，颈部两侧有带着虹彩的绿色斑块，眼睛又小又黑，而黄色的喙较为短小。

在飞行时，它们三角形的灰色翅膀镶着黑边，这让它们看上去相当结实，或者说“壮实”（stocky）。但其实它们的名字与这个外形毫不相关，而是来自它们营巢的地点，那往往是在大树的空树干里，这也被叫作“stocks”。这种鸟还有一个俗名“洞鸽”（hole dove），它们在繁殖时也会利用废弃的农场建筑、干草垛以及大型的人造巢箱，其中也包括为仓鸮准备的那些巢箱。

与斑尾林鸽不同的是，欧鸽并不习惯城镇里的生活。它们主要居住在树木茂盛的农场，在那里，它们可以在麦田里捡食草籽。到了春季和秋季，它们就聚集成群，一起在新播种的麦田里觅食，数量可以达到10多只甚至上百只。

但是在明媚的春日你才最有可能见到它们，因为在这时鸟儿会展示它们最优雅的飞行。雄鸽首先飞到和树梢齐平的高度，然后高举双翼，形成一个浅口的“V”字形，再像纸飞机一样在空中沿着一条抛物线的弧度滑翔。有时候雌鸽也加入进来，它的配偶紧紧跟在它身后，

姿态步调完全一致，仿佛遵循着一种预先的设计在跳着双人空中芭蕾，这种来自鸟类的大师级表演是很多人闻所未闻的。

西方松鸡

斯佩赛德现在还生长着曾经覆盖了苏格兰大多数区域的老松林，这里看上去是个阴森恐怖的地方，尤其是在清晨，当第一缕阳光透过浓密的树冠洒在松林地面的时刻。天色破晓之时，在那些松树的阴影下，你只能看见一簇簇齐膝高的石南和欧洲越橘，上面还爬满了地衣。你呼出的气体在4月静稳的空气中迅速凝成了水汽。

这时，你听到了英国鸟类所能发出的一种最古怪的声音，那是一连串喷嚏声、摩擦声，以及听起来像是香槟开瓶的古怪声音。这是西方松鸡的雄鸟在进行春季的表演。

这种鸟的英文名字capercaillie来自盖尔语中的“林间马匹”，这是形容它们求偶表演的前奏像是小马慢跑的声音。西方松鸡有时又称“松鸡”，它们是世界上体型最大的松鸡，甚至比火鸡还大。在英国唯一能见到西方松鸡的地方就是这些古老的喀里多尼亚松林，它们分布在苏格兰的谷地和幽涧中。

但是如果你想亲眼见到这种惊人的表演，你必须起得很早。这些黑色的大公鸡只在清晨的求偶场上表演，它们的样子也像趾高气扬的公火鸡，尾巴像扇子一样张开，脖子笔直地伸向天空。在周围的地面或者松树上，停栖着体型较小，颜色也不那么醒目的母鸟。它们棕褐色的羽色有着很好的伪装作用，这可以让它们避免捕食者的注意。

如果被观众包围，西方松鸡的雄鸟就会炫耀似的上下摇摆，不停喘着粗气，喷着响鼻，心满意足地大声吟唱。它想尽办法吸引尽可能

多的雌鸟。也许是雄性激素过度分泌的原因，一只愤怒的雄鸟偶尔会攻击人类，有时候甚至攻击车辆。

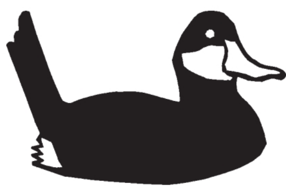
但是这种大胆的仪式正在消失，变得一年比一年难以见到了。作为一种英国鸟类，西方松鸡在这里的历史悲喜交集，它们的数量也时多时少。它们曾经遍布苏格兰的高地，后来因为狩猎，数量大大下降，到了18世纪末，这种鸟类已经在这里灭绝。

从19世纪30年代起，它们又重新从斯堪的纳维亚被引入，起初这种引入非常成功，西方松鸡在曾经的大多数栖息地上重建了种群。但是到了20世纪末，它们的数量再次直线下降，这是寒冷的春季与潮湿的夏季接连而来所造成的，这种气候降低了幼鸟的觅食能力，并容易把它们的绒毛打湿润。与此同时，很多成年的松鸡也因为森林里竖起的篱笆而意外死亡，这些篱笆的作用是把持续增长的鹿群挡在森林外面。

而经过几个世纪的摧残，松貂也渐渐在森林里恢复，这又给松鸡增加了一个天敌。它们在苏格兰的未来看上去很不乐观。现在它们的数量已经减少到了1 000对左右，如果不想第二次失去这种雄伟的鸟类以及它们惊人的歌舞，那么我们必须立刻采取行动了。

棕硬尾鸭

对于伟大的动物保护学家、鸟类学家和野生动物艺术家彼得·斯科特爵士，我们亏欠得太多了。然而，尽管并非出于本意，他也给我们当代的保护工作制造了一个最大的麻烦，这与一种十分漂亮的小型野鸭有关，它就是棕硬尾鸭。



棕硬尾鸭是一种扬扬得意的小鸭子，它们属于硬尾鸭属（stifftials），这个名字来自它们游泳时的特性，即尾巴总是高高翘起，与身体成直角。公鸭的羽色为红褐色，它长着白色的两颊、黑色的顶冠和天蓝色的喙；而母鸭和雏鸭则是棕色中带有土褐色的阴影。棕硬尾鸭的雄鸟的求偶炫耀令人过目不忘，它们用喙快速地撞击自己的胸部，这样就挤出了胸部羽毛里的空气，产生大量的泡沫并发出空洞的鼓声。

就像灰松鼠、美洲水鼬和加拿大雁一样，棕硬尾鸭也不是英国或欧洲的本土物种，它们最初是被彼得·斯科特从北美引入格洛斯特郡的斯利姆布里奇的。但不幸的是，在20世纪50年代，有几只棕硬尾鸭成功地越狱，并渐渐地在英格兰中部地区的一大片土地上生存下来。它们在湖泊和砾石坑里繁殖，在更大的水库里过冬。

到了20世纪末的时候，棕硬尾鸭已经完全成了英国的繁殖鸟类，并且看起来能够终年在这里出现。它甚至被西中部地区鸟类俱乐部选作会徽。但是问题也随之而来。棕硬尾鸭是一种适应性很强的鸟类，随着时间的推移和数量的增长，它们开始扩散并寻找新的家园。其中一些向南飞过了法国，最终到达西班牙，在那里，它们遇见了一些非常少见的近亲—白头硬尾鸭。因为白头硬尾鸭的全球数量不到10 000只，所以它们被认为是全球濒危物种。

让保育工作者惊恐不已的是，棕硬尾鸭很快就开始与它们的白头亲戚杂交了。如果不采取最严厉的措施，西班牙的白头硬尾鸭种群很

快就会消失殆尽，这也会让为了拯救这种濒危物种而开展的多年的保护工作前功尽弃。

在听取了本国与国外科学家的建议之后，英国政府做出了一个很有争议的决定：彻底清除棕硬尾鸭！在十年之内，它们的数量从数千只下降到了几十只。今天，那些幸存的鸟儿还在勉力坚持，但是它们被彻底清除只是时间的问题了。这种迷人的鸟类在不列颠群岛上的这段短暂而又多姿多彩的历史终于走到了尽头。

普通秋沙鸭

你的面前有一条因为春雨而上涨的河流，河面上低低地伏着一个亮白色物体。当你走到近前时，你看见那是一只鸭子，它的身体并非全白，而是淡淡的粉色。然后它就潜到了水面以下，消失在视野当中。

很少有英国的鸭子能像身披全副繁殖羽的普通秋沙鸭一样英俊和出众。从远处看，它只是黑白两色，但是它真正的美要在近处才能欣赏，那包括绿得像酒瓶一样的头部、深色的后背，以及淡粉色的两胁和胸部。雌鸟和雏鸟也同样出众，它们的头部是狐狸般的灰褐色，头顶的羽冠蓬松而显眼，这给它们带来了另一个别名“红头鸭”。

普通秋沙鸭与它们的近亲红胸秋沙鸭、白秋沙鸭同属于秋沙鸭属（swabills），这类鸭子喙形修长，两缘长有反向的突起，像牙齿一样，这样有助于抓牢那些滑溜溜且扭动个不停的鱼。在水面以下，它们像水獭一样敏捷，穿越激流追逐猎物，或者仔细地探寻河岸下方的小鱼。这种习性让一些垂钓者以及渔业管理员感到不快，但是很少会有人质疑这种鸟类优雅而美丽的外形。

它们在树洞里营巢，如果受到惊扰，普通秋沙鸭会扭转脖子，朝着入侵者发出嘶嘶的警告。当雏鸭孵化出壳，它们会毫不畏惧地纵身跃入鸟巢下方的水里。在英国西部和北部的那些湍急的河面上，一串普通秋沙鸭的雏鸟快速游动，紧紧跟在妈妈的身后，真是让人心醉的一幕。

现在看到普通秋沙鸭的机会比以前多了不少，因为它们的繁殖地范围以及种群数量在过去的几十年里都有所增加，它们从威尔士向东、向南扩展到了英格兰中部。在秋冬季节，它们会在繁殖地以外的更广阔的区域出现，除了河流以外，你还可能在水库、湖泊甚至砾石坑见到它们。在某些地方，这种仪表堂堂的鸟类也会变得十分温顺，偶尔屈尊与绿头鸭相伴。在英格兰湖区的温德米尔，它们甚至被拍到

在游客的脚边啄食面包。

红喉潜鸟

在一个刮着大风的春日，我们最靠北的设得兰群岛上，暴雨即将落下。阴霾的天空暗得像一块石墨，厚厚的积雨云时刻准备着甩出它的负担。在云和海之间的空气中充斥着一种怪异的嚎叫，这叫声来自我们最美丽的水鸟之一——红喉潜鸟。

在这些位于苏格兰与北极圈之间的岛屿上，狂风凛冽，树木无生。红喉潜鸟在这里又被叫作“雨雁”，因为当它们鸣叫时，大雨也就迫在眉睫了。但更合理的解释是，在世界的这个位置，雨水永远都不会远离，有些愤世嫉俗的人也早已这样说过。

与所有的潜鸟一样，红喉潜鸟相貌英俊，它们有着修长的、流线型的身材，又长又尖的喙是完美的捕鱼工具。在夏季，它们的喉部为锈红色，从远处观察或光线不佳时，那颜色几乎成了黑色；它们的后颈还带有斑马式的条纹。到了冬季，它们基本上就变成了珠灰色和白色。在全年的任何时候，你都能通过那上翘的嘴尖以及略微上倾的头部，把它们与黑喉潜鸟区分开来。

与这个家族的所有成员一样，红喉潜鸟的双腿生得非常靠后，以至于它们并不能在陆地上走得太远。因此，它们通常会选择紧挨着“小湖”营巢，那是散落在偏远的苏格兰岛屿以及高原上的、被荒野包围的小池塘。

红喉潜鸟的繁殖池塘里并不需要有鱼，因为亲鸟通常会跋涉几千米，前往更大的湖泊乃至远海去为孩子捕食。大多数潜鸟需要在一段很长的水道中助跑才能飞入空中，而红喉潜鸟是唯一一种可以直接从陆地起飞的潜鸟。当它们往来于觅食地和繁殖巢之间时，它们会发出一种截然不同的声音，那咯咯的叫声很像一群大雁。

在夏季，最适合观察红喉潜鸟并聆听它们萦绕不绝的叫声的地方，就在苏格兰的西部和北部，尤其是外赫布里底、奥克尼和设得

兰。但是过了繁殖季，它们的分布就变得广泛很多，冬季在我们大多数的海岸线上，你都能见到它们乘风破浪的身影。

暴风鹱

你站在海边的悬崖顶部眺望时，一只鸟的动作吸引了你的注意。第一眼看上去，它只是另一只海鸥，但是当它在空中转向，朝你飞来时，那种翅膀僵硬的飞行动作让你认识到这是一种完全不同的鸟类。当这只鸟靠近时，你可以看到它通体雪白，两翼发灰，眼周有暗斑，喙又短又粗。这不是海鸥，而是暴风鹱。

当暴风鹱在那些让人头晕目眩的海崖边盘旋翻滚时，你不由得肃然起敬。它们是技艺高超的飞行家，可以毫不费力地利用气流悬浮在它们营巢的崖壁外面。就在翼尖几乎要擦上岩石的一瞬间，它们又一次打着旋儿飞入茫茫的空中。最后一只鸟儿终于落在了崖壁上，它发出一阵咯咯的声音来迎接它的配偶，那声音像极了一个疯狂的女巫。

尽管暴风鹱的外形与海鸥相似，但是它们却是鹱科的成员。它们属于管鼻类鸟类，这种海鸟的喙上侧长着长长的管状突起，它们能通过这个管鼻排除从海水中摄入的多余盐分。

每对暴风鹱一次养育一只雏鸟，它们每次去外海觅食回来，都会吐出已经部分消化的鱼类碎片饲喂雏鸟。那些雏鸟看上去毛茸茸的，毫无自我防御的能力，但是却并非真的孤弱无助。任何入侵者如果鲁莽地迫近一只暴风鹱的幼鸟，都有可能被那只幼鸟吐上油腻而黏稠的油脂；暴风鹱的名字（fulmar）就是由此而来，在古代挪威语中它是“油海鸥”的意思。

暴风鹱的油脂一旦沾到衣服上，就出了名地难以清洗。但是对于鸟类捕食者而言，这就远不只是生活不便了，它甚至意味着死亡。如果一只游隼或海雕的羽毛沾上了这种黏稠的油脂，它几乎不可能把油脂清理掉；因此，对于这些强壮的捕食者来说，与暴风鹱的一次小小摩擦也可能是致命一击。

回到维多利亚时代，暴风鹱在英国非常罕见，它们只局限在北方偏远的圣基尔达岛和设得兰群岛上。但是在接下来的一个世纪里，暴风鹱大大扩展了栖息范围，并在这个方面超过了其他所有的本土鸟类。它们几乎在英国和爱尔兰的整个海岸线上建立了繁殖地。这也许得益于离岸的捕鱼业的扩增，或者是基因突变的结果。但无论原因是什么，这个物种的成功意味着现在我们都能够在春季欣赏到暴风鹱的鸣叫和身影了。在它们的繁殖地，这些鸟儿在悬崖上尽情翻滚、滑翔。

石鸻

夜晚时分，在东安格利亚的一片沙质荒地上，一声女鬼的哭叫刺破了宁静而通透的空气。这个让人不寒而栗的声音其实是我们最特别的一种涉禽的求偶情歌，这种涉禽就是石鸻。

除了它们的名字以外，石鸻（stone-curlew）并不会和那些更为人熟知的白腰杓鹬（curlew）相混，因为这两种鸟唯一的相似之处是它们的叫声。石鸻曾经的俗名"瞪眼鸻"其实更加贴切，因为它们总是圆睁着巨大的黄色眼睛。这双眼睛让石鸻可以在夜晚有更好的视线，那才是它们最活跃的时候。

白天，它们伏在稀疏的草地或石南地上休息，那满是棕色和白色条纹的羽毛提供了最好的伪装。你也许会认为涉禽总是十分活跃，在泥滩上来回跑动着啄取食物的碎屑，那么相较之下，石鸻简直慢得像树懒一样。你可以在白天观察布雷克兰的石南地上的石鸻，它们蹲在地上，一连几个小时几乎一动不动，而周围满是四处吃草的野兔。

石鸻是石鸻科在欧洲唯一的代表，这类神秘的夜行性鸟类还生活在非洲、亚洲、大洋洲和南美洲的干旱地区。在冬季，它们主要居住在地中海的周边区域，向南可达撒哈拉沙漠南端的萨赫勒地带。在早春时节，它们通常于3月返回英国。

它们的繁殖地主要位于英格兰的南部和东部，在东安格利亚布雷克斯的那些干燥的、沙质的石南荒地以及索尔兹伯里平原上。由于军队的关系，索尔兹伯里平原的石鸻意外地得到了保护，因为军队的存在意味着这里的大片土地与游客绝缘了。

今天，石鸻仍然会在一些农田里繁殖，但这只是因为当地的农民同情这种神秘的鸟类—要知道，石鸻完全无法在深耕的土地上生存。

它们的数量尽管曾经有所下降，但是现在正在慢慢恢复，目前它们的总数已经稳定在350对左右。这样的成果很大程度上要归功于保育工作者和土地拥有者的合作，他们通过给石鸻留下受保护的小片土地，帮助这种鸟类回到了自己的繁殖地，它们可以在那里自由地觅食、营巢，不受任何干扰。

尾声：大海雀

一次前往不列颠群岛最远端的航行从来都不是为胆小者准备的。在驶向圣基尔达岛的途中，航海者会被北大西洋的风浪猛击，而这条航线上的水手们曾经尤为热切地搜寻着我们最令人印象深刻的海鸟——大海雀。

大海雀鸟如其名，它不仅是英国，也是全世界最大的海雀科成员。它站立起来时身高接近1米，体重达5千克，看起来就像是一只巨型的刀嘴海雀。大海雀上身乌黑，下身雪白，眼前方有一块醒目的白色区域，厚实有力的喙上饰有细窄的白纹。大海雀能发出多样的鸣叫，包括低沉、嘶哑的叫声和啸叫。在陆地上时，它们站姿笔挺，巨大的喙又加强了那威严的姿态；到了水中，它们又游动得像企鹅一样。

形态上的相似并非巧合：大海雀和企鹅一样不会飞行，在海浪中追逐鱼类猎物时也用不上升空的技能。它的学名曾是*Pinguinis impennis*，实际上南半球企鹅的名字正是从这种气宇轩昂的海鸟身上借来的，而不是相反。

又被称作“大海燕”的大海雀曾见于整个北大西洋地区，在西起纽芬兰、东至挪威的地势平缓的海岛上，曾有数以百万计的大海雀形成

巨大而嘈杂的集群，在此繁殖。它们在英国境内的分布范围局限于最北和最西端，圣基尔达岛是主要分布区。不过南至德文郡的兰迪也曾有过目击记录，一位大为惊讶的观察者曾这样描述所见：“像刀嘴海雀的国王和王后……大胆地直立着……”

不幸的是，19世纪中叶，这种壮美的鸟儿不仅在英国，也在整个世界上灭绝了。英国的最后一次记录出现在1840年，当时一只大海雀在圣基尔达岛附近被捕捉到了。在它被抓后不久，一场可怕的风暴袭来，人们觉得它是个女巫，便活活将其打死。但到那时，大海雀的命运其实早已注定了：不会飞行使得它们极易被捕捉，成千上万的大海雀被人抓来拔取羽毛，之后或被食用，或被用来熬油。

大海雀成了自有记录以来英国唯一灭绝的鸟类，因此获得了如传奇的渡渡鸟般的标志性地位。它出现在文学作品当中，从查尔斯·金斯利的《水孩子》到詹姆斯·乔伊斯的《尤利西斯》，再到伊妮德·布莱顿的《冒险岛》，都有它的身影。我们能够根据19世纪为之着迷的博物学家的记述，描绘出大海雀的外貌和声音。颇为讽刺的是，一旦人们意识到大海雀已经变得稀少，许多最后幸存的鸟儿就被抓来添入英国博物馆和富有的鸟类爱好者的收藏。

在大海雀从我们的星球上消失一个半世纪之后，我们只能假想事情可能会有怎样的不同。要是有一小群鸟能在北大西洋的偏远区域多幸存几十年呢？如果在最后关头，处于萌芽状态的保护运动拯救了大海雀呢？假如禁止捕猎且大海雀繁殖的岛屿受到保护，种群数量逐渐回升，使得这种鸟能够重新生活在北大西洋呢？

事实上，我们只能为壮丽而带有悲剧色彩，并且最终无可替代的大海雀默哀了。它的灭亡为人类上了宝贵的一课：将我们的鸟类视为理所应当，实在太过容易了。本书中写到的很多种鸟类正受到威胁（据皇家鸟类保护协会估计，有五分之一的英国鸟类面临灭绝的危险）。我们应当也必须竭尽所能，以确保本书中的鸟儿不再重蹈大海雀的覆辙。

致谢

广播系列

如果没有BBC里里外外这么多人的辛勤工作和奉献，《鸟鸣时节》这个系列广播节目就不可能制作出来。布雷特·韦斯特伍德要感谢他在自然史频道和第四频道的同事们的大力支持。特别值得一提的是朱利安·赫克托、莎拉·布伦特、莎拉·皮特、安德鲁·道斯、杰米·梅里特、吉姆·法辛和菲利普·马蒂森。罗布·科利斯通过核查事实和汇总最新信息，提供了宝贵的支持。

如果没有录音师，这本书和这个系列就不可能问世，我们特别要感谢克里斯·沃森、杰夫·桑普尔、加里·摩尔和西蒙·埃利奥特。

也要感谢那些把脚本演绎得栩栩如生的主持人。按出场顺序，他们依次是大卫·爱登堡爵士、米兰达·克列斯托夫尼科夫、史蒂夫·巴克谢尔、米夏埃拉·斯特罗恩、布雷特·韦斯特伍德、克里斯·沃森、马丁·休斯—盖姆斯、克里斯·帕克汉姆、凯特·亨布尔、约翰·艾奇逊和比尔·奥迪。

如果没有第四频道的支持，就没有《鸟鸣时节》。我们要感谢节目主持人格温妮丝·威廉斯和责任编辑莫希特·巴卡亚对这个节目的支持。

特别感谢英国鸟类学基金的保罗·斯坦克利夫，他在短时间内回答

了大量的问题，既幽默又高效。

本书

说到把这些简短的广播稿变成你手中的书，我们要感谢约翰·默里出版社和索迪亚德出版社的每一个人，感谢他们的能力和辛勤工作，特别是卡洛琳·威斯特摩的慧眼，萨拉·马拉菲尼和艾米·史密森的创造力，以及技术编辑莫拉格·莱尔和索引编辑道格拉斯·马修斯的一丝不苟。在宣传和营销方面，我们还要感谢罗西·盖勒和薇琪·博福的热情及努力。营销总监尼克·戴维斯及由本·古切尔和露西·黑尔领导的出色的销售团队也非常支持这本书—特别要感谢露西，她是一位热情的观鸟者，一直拥护着本书。

监督这样一本书从构思到交付的过程，需要真正的才能，幸运的是我们的编辑乔治娜·莱科克就有这样的才能。她的远见和干劲使这个项目取得成功，她的编辑技能提升了我们的文字品质。

卡里·阿克罗伊德的插图把这本书变成了真正美丽的事物。卡里是英国最优秀的插画家之一，她将每只鸟的精髓用彩色和黑白两种颜色表现出来，其技巧远远超出了我们的期望。卡里特别要感谢史蒂夫·布雷肖，感谢他对这些鸟类提出的非常有帮助的建议。

最后

布雷特想感谢朋友和家人在短暂而紧张的一段时间里的耐心与忍耐。在这段时间里，他除了发推特，连话都变得很少。和往常一样，斯蒂芬要感谢他的妻子苏珊娜及孩子查理、乔治和黛西，感谢他们对鸟类的热情。

扩展阅读及音频材料

市场上有非常之多的涵盖各个方面的鸟类书籍，以下材料不可避免地是一种个人化的选择。它所关注的著作从历史、文化、社会和科学的视角，为理解我们人类与鸟类的关系提供了洞见。

书籍

Beguiled by Birds, Ian Wallace (Helm, 2004)

A Bird in the Bush, Stephen Moss (Aurum, 2004)

Birds and People, Mark Cocker and David Tipling (Jonathan Cape, 2013)

Birds Britannia: How the British Fell in Love with Birds, Stephen Moss(HarperCollins, 2011)

Birds Britannica, Mark Cocker (Chatto & Windus, 2005)

Birdscapes: Birds in Our Imagination and Experience, Jeremy Mynott (Princeton,2009)

A Birdwatcher's Year, Leo Batten, Jim Flegg, Jeremy Sorensen,

Mike J. Wareing,Donald Watson and Malcolm Wright (Poyser, 1973)

The Charm of Birds, Sir Edward Grey (1927, new edn Weidenfeld and Nicolson,2001)

Collins Bird Guide, Lars Svensson, Killian Mullarney and Dan Zetterström(Collins, 2nd edn, 2009)

The Crossley ID Guide: Britain and Ireland, Richard Crossley and Dominic Couzens (Princeton University Press, 2014)

The Natural History of Selborne, Gilbert White (1789, new edn Thames &Hudson, 1981)

The Poetry of Birds, ed. Simon Armitage and Tim Dee (Viking, 2009)

The RSPB Handbook of British Birds, Peter Holden and Tim Cleeves (Helm, 3rd edn, 2010)

The Shell Bird Book, James Fisher (Ebury Press and Michael Joseph, 1966)

Silent Spring, Rachel Carson (1962, new edn Penguin Modern Classics, 2000)

Ten Thousand Birds: Ornithology since Darwin, Tim Birkhead, Jo Wimpenny and Bob Montgomerie (Princeton University Press, 2014)

This Birding Life, Stephen Moss (Aurum, 2006)

Was Beethoven a Birdwatcher?, David Turner (Summersdale, 2011)

Why Birds Sing, David Rothenberg (Allen Lane, 2005)

Wild Hares and Hummingbirds: the Natural History of an English Village,Stephen Moss (Square Peg, 2011)

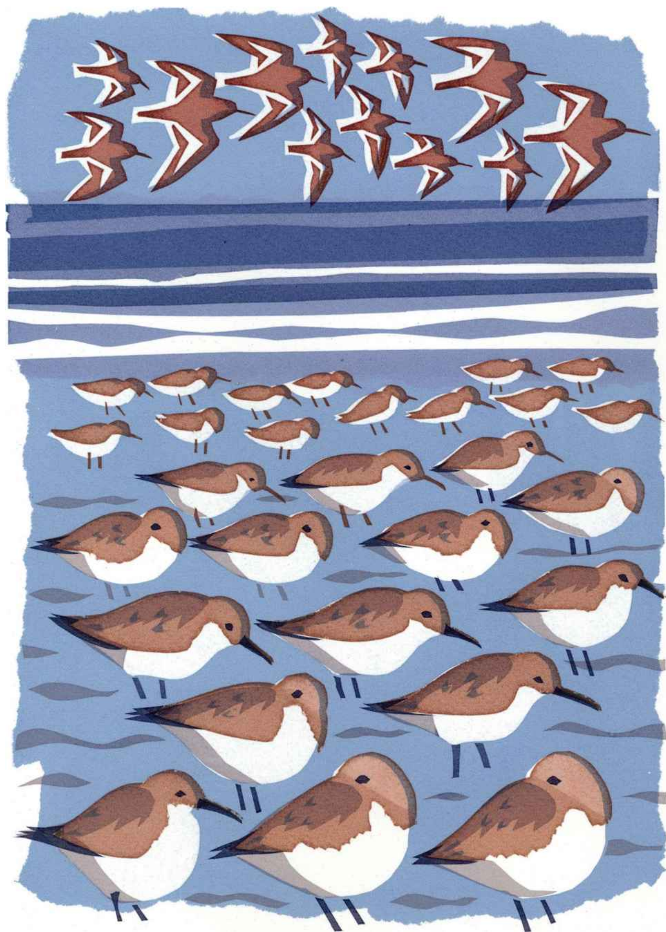
The Wisdom of Birds, Tim Birkhead (Bloomsbury, 2008)

音频

Collins Bird Songs and Calls, Geoff Sample: book and three CDs (Collins, 2010) *A Guide to: Garden, Woodland, Water, Coastal, Farmland, Mountain and Moorland Birds*, Brett Westwood and Stephen Moss: six CDs (BBC Audio,2007—2013)

雉鸡和燕雀

白颊黑雁



黑腹滨鹬

大天鹅

翘鼻麻鸭

大山雀和青山雀

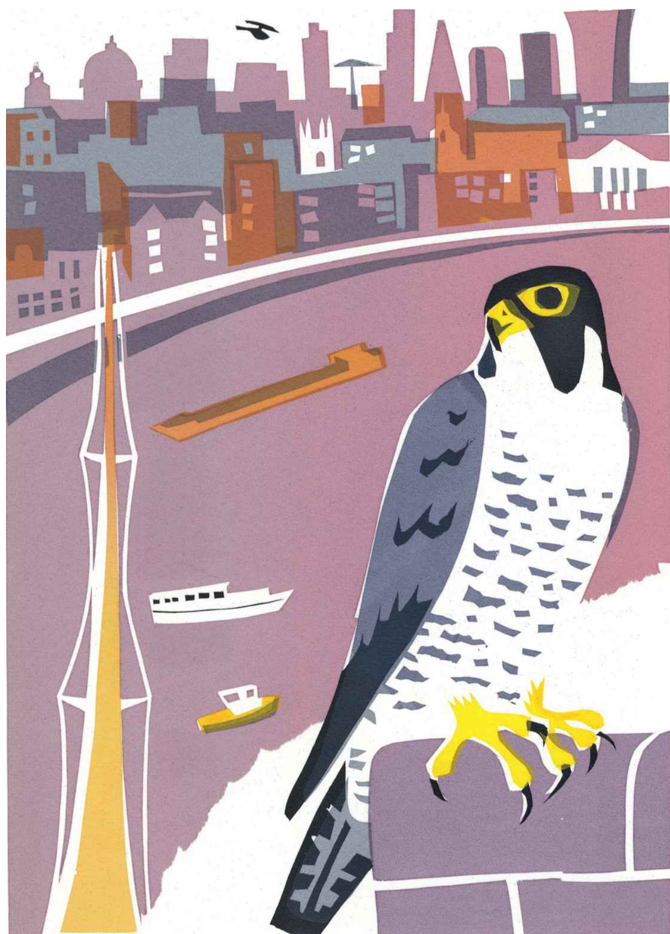
黑水鸡、骨顶鸡和琵嘴鸭

苍头燕雀、鹪鹩和林岩鹨

红嘴山鸦

反嘴鹬

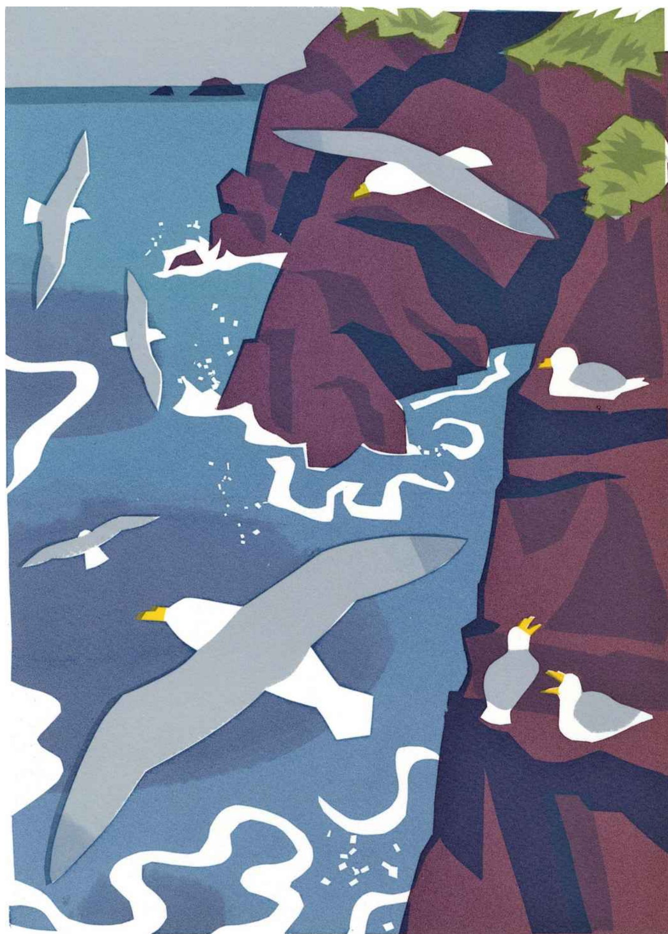
凤头麦鸡



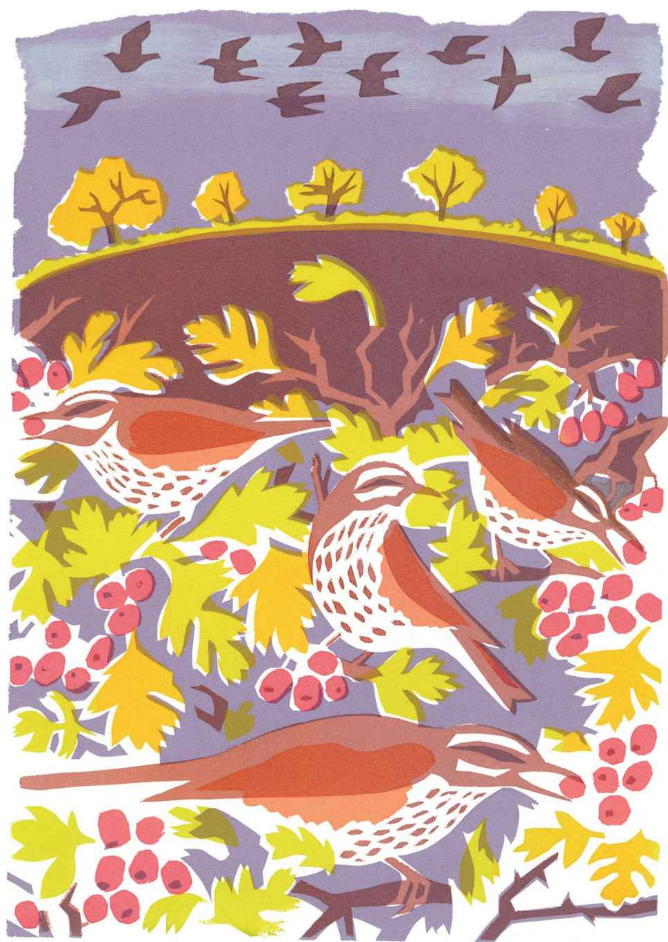
游隼

凤头□□和鹊鸭

绿啄木鸟和纵纹腹小鸮



暴风鹱



白眉歌鸫

注释

[1]原文为tweeting，直译为“鸟儿吱吱叫”。——译注

[2]以上均为英国知名自然史节目主持人。——编注

[3]夜莺即新疆歌鸲。——编注

[4]伊妮德·布莱顿（1897—1968），英国儿童文学作家，著有“诺弟”“世界第一少年侦探团”等畅销系列读物。——编注

[5]肯尼思·奥尔索普（1920—1973），英国广播节目主持人、作家、博物学家。——编注

[6]1英里约等于1.6千米。——编注

[7]此为波纹林莺的英文名Dartford warbler的字面意思。——译注

[8]1盎司约等于28.34克。——编注

[9]1磅约等于0.45千克。——编注

[10]蚁□的英文名wryneck意为“歪脖”。——编注

[11]1英尺等于30.48厘米。——编注

[12]比德（约672—735），英国历史学家、神学家，以多方面的成就被后人誉为“英吉利学问之父”。此处的比喻出自他的代表作《英吉利教会史》。—编注

[13]黄鹡鸰英文名yellow wagtail的本义是“黄色摆尾鸟”。—译注

[14]黄鹡鸰已分为黄鹡鸰和西黄鹡鸰两个独立种，本节描述的falvissima亚种现属于西黄鹡鸰。—编注

[15]公地在英语中是common，跟海鸥英文名中的前一个词相同。—译注

[16]因为在英国该种多出现在海滨，所以其英文名其实是“岸百灵”（shore lark）。—译注

[17]《雾都孤儿》中的人物。—译注

[18]藤壶是白颊黑雁的英文名barnacle goose的来源。—译注

[19]西方秧鸡英文名water rail的字面意思是“水秧鸡”。—译注

[20]福尔内斯的英文名Foulness意为“污秽”。—编注

[21]白腰朱顶雀英文名的字面意思是“普通朱顶雀”。—译注

[22]译文转引自［英］托马斯·哈代：《哈代诗选》，飞白译，外语教学与研究出版社2014年版。—编注

[23]译文转引自［英］勃朗宁：《勃朗宁诗选》，飞白、汪晴译，外语教学与研究出版社2013年版。——编注

The Genius of Birds

鸟类的天赋

［美国］珍妮弗·阿克曼 著
沈汉忠 李思琪 译

我们经常忘记钥匙在哪里
乌鸦却能记住5000个贮藏食物的地点

一段寻找最强鸟脑的旅程，颠覆人类对鸟的认知

《华尔街日报》
2016年度
十大非虚构类好书

《科学星期五》
2016年
最佳科学图书

《观察家》
2016年度好书

《星期日泰晤士报》
2016年度自然图书

鸟类学者刘阳 作序推荐

译林出版社

版权信息

书　　名　鸟类的天赋

作　　者　【美】珍妮弗·阿克曼

译　　者　沈汉忠　李思琪

责任编辑　杨雅婷

出版发行　译林出版社

ISBN　　9787544774970

关注我们的微博：@译林出版社

关注我们的微信：yilinpress

意见反馈：@你好小巴鱼

目录
CONTENTS

序言 如果你是一只鸟
引言 鸟类的天赋
第一章 从渡渡鸟到乌鸦—鸟类的心智与行为
第二章 鸟有鸟法——重新审视鸟类大脑
第三章 天生怪才——鸟类制造工具的奇观
第四章 叽叽喳喳——鸟类的沟通才能
第五章 燕语莺啼——变化万千的鸟类歌喉
第六章 艺术大师——鸟类的审美趣味
第七章 心中的地图——鸟类的时空感
第八章 如麻雀般活跃——鸟类的环境适应能力
致谢
注释
索引
注释

序言 如果你是一只鸟

鸟类无处不在，是我们生活中最容易见到的野生动物。作为陆生脊椎动物中最大的类群，全球现存的鸟类超过1万种。如果每天认识一种鸟的话，你大约需要30年才能认全这个家族的全部成员。爱鸟人士带着愉悦的心情去观察这群长着羽毛的朋友，不仅是因为它们的多样性高，还因为它们拥有五彩斑斓的羽色、丰富的行为，以及悦耳的歌声。这些不光带给我们美的享受，而且提供了艺术创作的灵感，让我们对大自然演化的力量充满敬畏。

当看到本书的书名“鸟类的天赋”时，也许有朋友会问：鸟类除了富有美感之外，也有天赋吗？产生这样的想法其实并不奇怪，因为天赋往往与思考、学习、认知等能力相关，这个词似乎本来就应该与我们这样拥有智慧的人类或类人猿联系在一起。当然，我们惯常以自己的角度和知识去推测鸟类的世界，特别是看到常见的鸟类时，你或许会想，麻雀的脑子还不及一颗黄豆大，难道里面也存在智慧吗？确实，长期以来鸟类被认为是智商较低的动物，就连以前生物学专业的教科书都认为，高级哺乳动物具有极其发达的大脑皮层，可以产生高级的智慧。鸟类的大脑皮层不发达，不具有沟回和褶皱，它们大脑底部的纹状体很发达，执行了鸟类复杂的行为。然而，这些行为被认为是“本能”，算不上高级智慧。这样的观点似乎成了共识，如果你也这么想，那么不妨来读一读这本书。

作者珍妮弗·阿克曼带着同样的问题，走进了鸟类的世界，讲述了一个又一个关于鸟类天赋的故事。本书很容易引起人们的共鸣，因为书中也许有你似曾相识的“桥段”：新喀里多尼亚岛上的新喀鸦会往容器里投石饮水，会利用树叶和树枝做工具，搜索藏在树木和泥土里的大肉虫（昆虫幼虫）；松鸦懂得储藏可长期存放的粮食，以备冬天食用；鹦鹉模仿和学习其他鸟类的声音；园丁鸟懂得收集一些特定颜色的花朵来吸引雌性；家麻雀就像一群吉卜赛人，流浪到世界各地，很快地适应了新定居地的生活；信鸽在长距离旅行中仍可以靠自己导航和定位……这让我们不由得赞叹鸟类的各种过人能力。

确实，这些常常出现在教科书或纪录片中的故事，正是支持

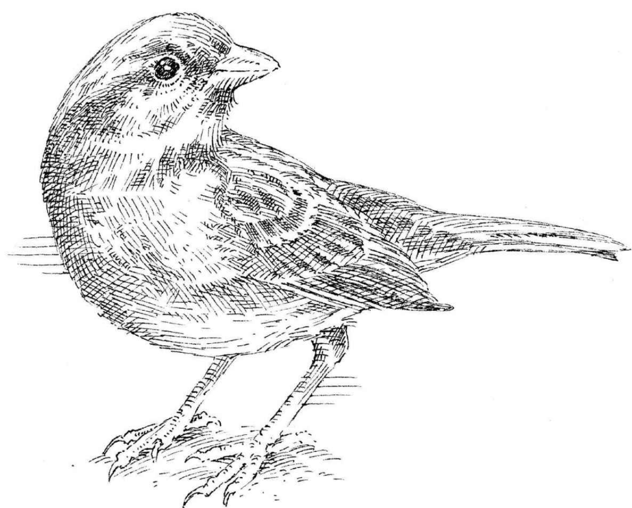
鸟类具有天赋的有力证据。从作者细腻的刻画中，你能读到鸟类为了生存，为了繁殖，凭借自身的能力顽强地应对生命中的每个挑战。有的时候你会觉得它们面临着与我们的生活相似的情景：它们好像是你咿呀学语的童年，是你爱争风吃醋的青春期，是你四处流浪的兄弟，或者是你迷途知返的孩子。请你时刻不要忘了，它们是一只只鸟，是一群长着羽毛的朋友。在阅读中，我常常陷入思考。为什么我们经常认为鸟类的智慧并不如我们？当我们和鸟类的祖先在4亿年前分道扬镳的时候，自然选择的力量让我们彼此演化出不一样的生存策略。试想，如果你是一只鸟，你能做得更好吗？

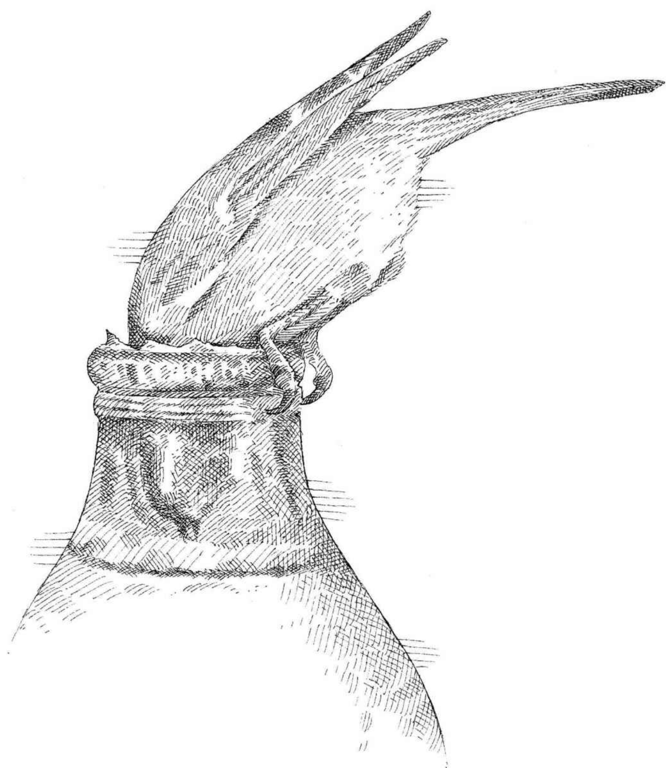
作者描绘的动人故事，展示了鸟类行为学研究的一些经典模式物种及对应的科学工作。它们中的绝大多数体现了过去20年中相关领域的重要进展，例如对鸟类大脑结构的重新修订、对鸟类鸣唱机制的研究、群体行为的神经生物学基础、在全基因组水平研究鸟类天赋的机理等。这也使作者能够站在更高的层次，系统性地从鸟类的认知、自我意识、学习、社会行为、审美、环境适应能力、时间空间记忆等多维度介绍鸟类的天赋。在具体讨论每个个例时，作者文字风趣而表述严谨，并且引经据典。这是因为作者直接与从事研究的一线学者进行过深入的交流。从本书注释所列出的文献和作者致谢的学者名单中，可以看出作者为本书做足了功课。我也从中看到了很多熟悉的鸟类学、行为学同行及他们的代表性工作。

《鸟类的天赋》的英文版于2016年出版，我要感谢译林出版社把这本优秀的科普著作引进国内。两位译者也以扎实的翻译功底和专业背景让中译本增色不少。作为一名从事鸟类学研究的学者，我认为本书的重要价值是以轻松的方式，将鸟类行为及背后的精妙机理向广大读者娓娓道来。和作者一样，我也是一名观鸟者，阅读本书，也增加了我在观鸟过程中的思考和乐趣。当然，如果你是一只鸟，你会获得更多有关生存的启示。

刘阳
中山大学生命科学学院副教授
中国动物学会鸟类学分会/动物行为学分会理事
英国鸟类学杂志*Ibis*副主编

献给卡尔，并致以我全部的爱





引言 鸟类的天赋

长久以来，鸟类被认为是智商较低的一类动物，从而被贴上愚蠢的标签。用来形容小眼睛的“珠子眼”（beady eyed）、形容人愚蠢的“果壳脑”（nut brained）、形容异类的“带翅膀的爬行动物”（reptiles with wings）、形容呆头呆脑的“鸽子头”（pigeon heads）、形容笨蛋的“火鸡”（turkey）等贬义词都用到了与鸟类有关的表达。它们时常冲撞到玻璃窗上，啄镜子里自己的影子，在电缆线上被烤焦，误入陷阱而自取灭亡。

我们的语言反映了我们对鸟类的蔑视。例如，“对鸟而言”（for the birds）形容毫无价值或索然无味的事物，无能的政治家会被形容为“跛脚鸭”（lame duck），当众出丑、把事情搞砸被形容为“下蛋”（lay an egg），被唠叨的妻子长期骚扰的丈夫叫作“被母鸡啄”（henpecked），低头认错叫作“吃东西的乌鸦”（eating crow）。愚蠢、糊涂和丢三落四的人则被称作“鸟脑袋”（bird brain），早在20世纪20年代，这种表达便在英语当中出现了，当时的人们认为鸟类只不过是会飞行和啄食的机器而已，它们的脑袋小得容不下任何的思考能力。

然而这样的观点已经过时。过去20多年来，全球无数的野外观察和实验室研究都能证明，鸟类的思维能力并不亚于灵长类。有一种鸟能够使用浆果、玻璃碴和鲜花创造出色彩缤纷的图案，以此吸引雌性的注意；有一种鸟会把多达3.3万颗种子散布在几十平方英里的区[1]域内，并且在几个月后仍然记得这些种子的位置；有一种鸟解决某个经典谜题的速度和5岁的小孩一样快，同时还是开锁专家；还有些鸟会计数，做简单的计算，制作工具，跟着音乐摇摆，理解基本的物理学原理，记住过去发生的事情，并对未来进行规划。

在过去，其他动物由于显示出与人类相当的智慧而引起了人们的关注。如黑猩猩会用枝条制作矛来狩猎小型灵长类，海豚狩猎时通过发出哨音和咔嗒声来进行复杂的交流，高等的类人猿（红毛猩猩、黑猩猩等）会互相安慰对方，而大象会因同类的死亡而忧伤。

如今，鸟类也被证实为具有较高智慧的生物。大量涌现的研究已经颠覆了陈旧的观点，人们终于开始接受鸟类比我们想象的更为聪明

这一事实——在某种程度上，鸟类的智力更接近于灵长类动物，而不是它们的爬行类祖先。

20世纪80年代初，一只散发着魅力和机智的非洲灰鹦鹉（*Psittacus erithacus*）——亚历克斯和科学家艾琳·佩珀伯格搭档，向世人展示了某些鸟类的智力水平能与灵长类相匹敌。尽管亚历克斯31岁时突然死亡（仅为预期寿命的一半），但它生前已经掌握了数百个代表物品、颜色和图形的英语单词的标签，并且能按照异同将数字、颜色和图形进行分类。通过观察放在盘子里的一系列颜色和材质不同的物品，它能准确地说出某种类型的物品有多少。例如佩珀伯格会问“有多少绿色的钥匙？”，同时展示一些绿色和橙色的钥匙及软木塞。亚历克斯八成都能回答正确。它还能使用数字来回答加法算术题。佩珀伯格说，亚历克斯最了不起的地方是它能够理解抽象概念，包括和“零”有关的概念；在一列含有数字的标签中，亚历克斯能够通过标签的位置理解数字的含义；它还能够像一个小孩子一般发出“坚果”（N-U-T等单词的声音。在亚历克斯出现之前，我们几乎认为言语表达是人类的专属。但亚历克斯不仅能够理解单词，它还能以充满说服力、机智甚至饱含情感的方式把它们说出来。当某个夜晚佩珀伯格把亚历克斯放回它的鸟笼时，亚历克斯像往常一样说：“乖乖的，明天见，我爱你。”但不幸的是，这成为亚历克斯对佩珀伯格说的最后一句话，第二天它便离开了这个世界。[2]

20世纪90年代，一些报道开始从南太平洋新喀里多尼亚小岛上涌现出来。这些报道显示乌鸦在野外使用自制的工具，并且将相应的制作工艺传给下一代。这一行为已有人类文化特征，并且证明了复杂的制造和使用工具的技能不是只有灵长类才能习得的。

当科学家向这群乌鸦展示各种谜题来测试它们解决问题的能力时，乌鸦总会采用灵巧的解决办法来应对，这些测试结果使科学家们感到震惊。2002年，牛津大学的亚历克斯·凯瑟尼克和同事“询问”一只叫作贝蒂的新喀鸦（*Corvus moneduloides*）：“你能获取这根管子底部小桶里的食物吗？”贝蒂接下来的举动让实验人员目瞪口呆：只见它自然地把一段金属丝弯成钩形，然后用钩子把小桶钩了上来。

如果我们去翻翻科学期刊上公开发表的文章，便会发现其中不乏让人眼前一亮的标题：《似曾相识？鸽子能识别熟人的脸》《山雀叫声中的句法结构》《禾雀（*Lonchura oryzivora*）的语言识别能力》《小鸡喜欢和谐悦耳的音乐》《性格差异影响白颊黑雁（*Branta leucopsis*）的领导能力》，以及《鸽子的数学才能和灵长类不相上下》。

人们对鸟类认识的谬误来自这样的信念：鸟类大脑容量如此之小，因而它们只能诉诸本能反应。鸟类大脑没有像人类大脑皮层一样的结构，而人的思维就产生于皮层的沟壑结构里。鸟类保持相对较小的脑袋有着充分的理由，我们认为这是为了满足以下要求：在空中飞行、抵抗重力、盘旋、燕式旋转、俯冲、连续飞行好几天、迁徙数千英里、在狭小的空间里辗转腾挪。这些似乎印证了鸟类为了成为飞行高手，而不得不牺牲认知能力。

如果仔细研究就会发现事实恰好相反。鸟类的大脑的确迥异于人类。这不足为奇，毕竟鸟类和人类3亿年前就在演化的道路上分道扬镳了。但确实有些鸟类的大脑在身体中所占的比重较大，就像人[3]类一样。不仅如此，当脑力派上用场的时候，脑神经的数量、位置、连接方式比脑容量大小重要得多。而一些鸟类的大脑含有大量的有效神经元，其密度接近灵长类的大脑，神经网络的连接方式也近乎人类。这也许对解释为何特定种类的鸟有如此高级的认知能力大有帮助。

如同人类大脑，鸟类的大脑也具有偏侧性，即它们同样具有左右大脑半球来处理不同类型的信息。鸟类的脑细胞在需要时也会进行新老更替。尽管鸟类大脑的组织结构和人类截然不同，但二者却有着相似的基因和神经回路，显示出它们达到相当高度的心智水平。例如，喜鹊（*Pica pica*）能认出镜子里的自己，而“自我”的意识曾被认为仅有人类、类人猿、大象和海豚这些有着高度发达社会关系的生物才具备。只要是偷来的食物，西丛鸦（*Aphelocoma californica*）会穷尽手段把食物残余藏起来，避免同类发现。这些鸟似乎有着浅层次换位思考的能力，能站在同类的立场上看待问题。它们还能够记住哪一种食物什么时候埋在什么地方，这样它们就能在食物腐坏之前吃上一口。这种记住事件的时间、地点、内容的能力，被称为情景记忆。一些科学家认为西丛鸦能够回忆起过去发生的事情——这种回想起过去事物的能力曾一度被认为是人类特有的。

新的研究表明鸣禽学习鸣唱的方式与人类学习语言的方式无异，鸣禽这种学习曲调的方式源自始于千百万年前的文化传承，而那时的人类祖先还未学会直立行走。

有些鸟天生擅长解决几何问题，能够使用几何线索和地面标志在三维空间定位，在未知领域导航，寻找隐藏的宝藏。而有些鸟天生擅长数学运算。2015年，研究人员发现新生的小鸡能够从左向右排列数字。和大多数人一样，它们将这些数字排列成越靠左越小，越往右越大的顺序。这意味着鸟类与我们共享一套从左往右依次增大的数字[4]排列系统——这一认知策略意味着人类具有进行高等数学运算的潜能。幼鸟能理解比例的概念，还能记住某个东西在一列物品中的位置

顺序（如第三个、第八个、第九个），从而把它挑选出来。它们也能做简单的算术题，例如加减运算。

鸟类的大脑虽小，但却蕴藏着远超其大小的巨大能量。

我从不认为鸟类很愚蠢。事实上，很少有生物像鸟类一样如此机警，身心如此有活力，并且天生具有充沛的精力。诚然，我听说渡鸦（*Corvus corax*）会尝试敲破乒乓球，大概是以为里面有蛋黄可以吃。我的一个朋友在瑞士度假时，看到一只孔雀尝试在干冷的北风中展开它屏状的尾羽。它被风吹倒，接着又站了起来，继续试图展开它的尾羽，然后再次翻倒，如此循环往复六七次才肯罢休。每年春季，在我家樱桃树上筑巢的旅鸫（*Turdus migratorius*）总是会将汽车后视镜中的自己当作竞争对手，进而愤怒地攻击镜面，顺便在车门上洒满鸟粪。

但我们人类谁不曾被自己的虚荣心所绊，和自己过不去呢？

我大半生都在观鸟，也一直很欣赏鸟类的勇气、专注，以及它们小小的身体里蕴藏着的顽强生命力。人类如果面对鸟类的生存挑战，恐怕就如路易斯·哈利所写的那样，“在如此沉重的生活负担下，人早就精疲力竭了”。我在家附近看到的常见鸟种对周遭事物总是敏锐而好奇，却又始终保持着沉着冷静的态度。短嘴鸦（*Corvus brachyrhynchos*）以君临天下的姿态来回巡视我家附近的垃圾箱，仿佛一切尽在掌控之中。有一次我甚至见到一只短嘴鸦把两片饼干叠放在路中间，飞到安全的地方等待过往车辆将饼干碾碎，之后又飞下来享受它的“战利品”。

有一年，一只东美角鸮（*Megascops asio*）栖息在我家厨房窗户外一棵枫树上的巢箱里。它白天在巢箱里睡觉，只露出圆圆的脑袋，恰[5]好填满巢箱的圆洞。但到了晚上，角鸮就飞出巢箱去猎食。每当黎明的曙光升起，总会看到它载食而归的身影——某种鸣禽或者鸽子的翅膀悬在巢箱的圆洞外，抽搐了几下，之后就被拖入巢箱了。

就连我在特拉华州海滩遇到的红腹滨鹬（*Calidris canutus*），似乎都知道在哪里能找到鲎在每个春季满月时产下的营养丰富的卵，而红腹滨鹬在鸟类中并不算机灵。天空中仿佛有一本日历告诉这些鸟何时向北迁徙，又该前往何方。

我对鸟类的兴趣始于两个名为比尔的人。第一位是我的父亲比尔·戈勒姆，是他带着我在华盛顿特区我们家附近观鸟，那时我才七八岁。通常天还未亮我们就在环城高速公路上了，瑞典语把这种行为叫

作“gökotta”——即早起去亲近大自然——而这也是我童年最大的乐趣之一。每逢春季周末的清晨，我们在天还未亮时便离家前往波托马克河附近的森林，在那里聆听晨曦中鸟儿美妙的合唱。在这难以言表的时刻，鸟儿此起彼伏的歌声如同艾米莉·狄金森所描绘的“乐曲在空间内回荡，却亲切如正午”。

我的父亲在当童子军的时候，从一个叫作阿波罗·塔莱伯罗斯的半盲人那里了解到鸟类。那个老人靠着敏锐的听力就能辨别鸟种。那些北森莺（*Setophaga americana*）、黄腰林莺（*Dendroica coronata*）和唧鹀，一听便知。“听到没？在那里！”老人向男孩们喊道，“快去找到它们！”我父亲很快便掌握根据鸣叫识别鸟类的技巧——歌声如笛子般悦耳动听的是棕林鸫（*Hylocichla mustelina*），轻柔地唱着“*whichity*，*whichity*”的是黄喉地莺（*Geothlypis trichas*），而叫声清脆嘹亮的是白喉带鹀（*Zonotrichia albicollis*）。

当我和父亲披着即将消逝的星光穿过森林时，我会竖耳倾听卡罗苇鹪鹩（*Thryothorus ludovicianus*）沙哑的鸣唱。我的心里总在寻思着：如果这些鸟儿在交谈，那它们究竟在说些什么呢？它们又是如何学会鸣唱的？有一次我遇到一只年幼的白冠带鹀（*Zonotrichia leucophrys*）在练习鸣唱。它隐秘地栖息在一棵雪松的低枝上，轻柔地[6]练习着哨声和颤音，若唱错了，又独自执着地从头开始。在周而复始的练习中，它逐渐掌握了正确的发音。我后来了解到白冠带鹀并非从它的父亲那里学习鸣唱技巧，而是在它栖息的环境中点点滴滴地收集着来自周围同类的鸣唱。回想起来，这里有着我和父亲在林间河畔漫步的足迹——而这里也世代相传着白冠带鹀自己的方言。

另一个名为比尔的人，是我住在特拉华州刘易斯市时，在苏塞克斯观鸟俱乐部遇到的比尔·弗雷什。他每天清晨5点起床出门，花上四五个小时观察鸻鹬类和刘易斯市树林、田野中常见的棕色雀形目鸟类（简称为LBJ）。比尔是一个充满耐心、不知疲惫、专心致志的观鸟爱好者，他总是严谨而又翔实地记录观测到的鸟种、时间和地点。而这些重要的记录最终被德玛瓦半岛鸟类协会所采纳，成为特拉华州正式鸟类记录的一部分。这位比尔虽然耳朵有点背，但他却是靠目测鉴别鸟种的奇才。比尔通过观察鸟的整体印象、大小以及形状来鉴定鸟种，这种方法被缩写为GISS。他曾向我展示如何通过飞行时起伏的姿态确认一只鸟是不是金翅雀；如何通过个性、行为、整体形态来区分鸻鹬类，这就像是我们通过整体的举止和步态来辨认远处走来的朋友一样。他让我明白“看鸟”（*birdwatching*）和“观鸟”（*birding*）之间的区别（前者随意而休闲，后者更为严谨，且目标明确），并督促我从鉴别鸟种转向记录鸟类的行为举止。

我在旅行及各种活动中观察到的鸟类都有自己的行为方式。例如有一次，我朋友看到一只黑嘴美洲鹃（*Coccyzus erythropthalmus*）落在天幕毛虫巢穴旁的树上：黑嘴美洲鹃耐心地等待毛虫离开巢穴爬到树干上，然后把它们一只接一只地啄起吃掉，这像极了食客从回转传送带上夹起寿司的情景。

对于鹊、鸦、山雀、鹭等鸟类，尽管我十分欣赏它们的羽毛和飞行姿态，以及它们的鸣唱和鸣叫，但我从未想过这些鸟类拥有着匹敌甚至超越灵长类的心智能力。

大脑只有坚果大小的鸟类是如何展现出复杂的智慧行为？是什么塑造了它们的智力？这些因素和人类智力形成的原因相同吗？如果两者有区别的话，鸟类的小脑袋又会给我们人类大脑智力研究带来[7]什么样的启示呢？

即使就人类而言，智力也是一个模糊的概念，不论是定义还是测量智力都很棘手。曾有一位心理学家把智力描述为“能够从经验中学习或受益的能力”。也有人把智力定义为“能够习得能力的能力”，类似的循环定义还有由哈佛大学心理学家埃德温·博林提供的“智力是智力测试的结果”。罗伯特·斯腾伯格是塔夫茨大学前任院长，他曾经嘲讽道：“估计你让多少个专家去定义智力，你就能得到多少种关于智力的定义。”

为了测量动物的整体智力水平，科学家们会考察不同环境下各种动物繁衍生存的适应情况。以这种方式来衡量，鸟类胜过了几乎所有的脊椎动物，包括鱼类、两栖类、爬行类、哺乳类等。鸟类是一种几乎随处可见的野生动物，它们生活的区域遍布世界各地：从赤道到两极，从沙漠盆地到世界最高峰，海洋、陆地、淡水流域……几乎所有的栖息地都有鸟类存在。用生物学的术语来说，鸟类有着广阔的生态位。

作为一个纲，鸟类存在的历史超过1亿年。它们是大自然最成功的演化事例，为了生存创造出了诸多策略。在某些方面，鸟类演化出具有鲜明特征的能力，令人类望尘莫及。

在远古的某个时代里生活着一种原始的鸟类，它是现生所有鸟类——从蜂鸟到鹭的共同祖先。如今世界上有大约10400种鸟类——比哺乳动物的2倍还多。这里边有石鸻、麦鸡、鸮面鹦鹉（*Strigops habroptilus*）、鸢、犀鸟、鲸头鹳（*Balaeniceps rex*）、石鸡（*Alectoris chukar*）、稚冠雉属的鸟类等。20世纪90年代，科学家们估算地球上的野生鸟类数量总计在2000亿到4000亿之间，这意味着

鸟类数量是地球人口的30到60倍。所以从繁衍后代的角度来说，人类并非地球上最成功的物种。毕竟物种演化比的从来不是谁进化得更高级，而是谁更能适应生存，谁更能应对周遭环境带来的挑战。鸟类在演化历史的长河中一直在“适者生存”的挑战上表现卓越。这在我[8]看来更为难得，因为我们很多人，即便是爱鸟人士，都很难接受鸟类在某些方面的才智远超人类认知的事实。

也许是因为鸟类和人类是如此不同，我们很难全面了解鸟类的心智能力。鸟类起源于恐龙，恐龙中的绝大部分都在远古时期的大灾难中灭绝了，只有某一个灵巧的分支幸运地生存了下来，继而逐渐演化成今天的鸟类。人类是哺乳动物，我们的祖先曾经是胆怯而又渺小的如鼩鼱般大小的生物，在恐龙统治的阴影下苟延残喘。等到大多数霸主都消失殆尽之后，哺乳动物在演化的道路上体形越来越大，而鸟类则演化得越来越小。人类开始学会直立行走，而鸟类则减轻体重以适应飞行。人类的脑神经逐渐集中到大脑皮层、形成沟壑，从而产生复杂的行为；鸟类则发展出一种与哺乳动物完全不同的神经结构，并且在某些方面同样精密。鸟类如同人类一样，也在生存的过程中摸索着世界的规律。是演化的力量精确地塑造了鸟类的大脑，并赋予它们今日无与伦比的智慧。

鸟类具备学习的能力，能够解决新的问题，也能创造出新的解决方案替代老办法。它们能够制作并使用工具、计数、互相借鉴经验、记得物品存放的地点。

尽管鸟类的智力无法媲美或反映人类的复杂思维，但其中已经孕育了复杂思维的种子，比如我们引以为傲的洞察力。这种曾被定义为无须经过不断试错学习而突然产生完整解决方案的认知能力，通常发生在这样的情形中：当大脑内模拟解决某个问题的办法时，突然灵光一现找到了答案，不禁发出感叹：“原来如此！”关于鸟类是否拥有洞察力，目前存疑，但有些鸟种似乎能够明白因果关系，而这是发展洞察力的基础。这也同样适用于“心智理论”——一种理解其他个体思维[9]或知识的非常微妙的能力。鸟类是否完全具备这种能力尚有争议，但特定鸟种的某些个体似乎能够站在另一只鸟的立场上，察觉对方的需求，而这是“心智理论”的基础特征。有科学家把这些基础特征作为认知能力的标志，认为它们是人类进行诸如推理、规划、共鸣、洞察力、元认知（对思维过程本身的认知）等复杂认知活动的先兆。

当然，上述测量智力的标准都是站在人类的立场，我们总是想要拿自己的智慧和其他生灵做对比。不过鸟类也有人类无可比拟的优秀之处，我们不能简单地归因于直觉或者天性使然。

什么样的智力程度才能够让鸟类预测远方的风暴即将来临？或者知道未曾去过的地方该怎么飞，即便目的地远在千里之外？或者精确地模仿上百种鸟类的鸣唱？或者在几百平方英里的范围内埋藏成千上万颗种子，并且6个月后还记得埋藏地点？（我几乎无法通过这样的智力测试，正如鸟类也很难通过针对人类设计的智力测试一样。）

也许“天赋”是一个更好的词汇。“天赋”（*genius*）一词，与“基因”（gene）同出拉丁文一源，意思是“某人与生俱来的品质，内在的能力或倾向”。而后，“天赋”指天生的能力，最终其含义变为“非凡的才能，天生或者后天习得”。该意义在英国作家约瑟夫·艾迪生1711年的散文《天赋》中首次出现。

晚近时期，“天赋”一词被定义为“恰恰能做好他者做不好的事情的能力”。这是一种非凡的心理技能，无论是和同类还是和异类相比。鸽子的导航能力远超人类。嘲鸫科鸟类能够学习并记住比其他鸣禽多上百种的鸣唱。西丛鸦和北美星鸦（*Nucifraga columbiana*）对它们所放东西的位置的记忆能力让人类相形见绌。[10]

本书中，“天赋”被定义为清楚自己在做什么的能力——“领悟”周遭环境，理解事物，找到解决问题的方法。换句话说，“天赋”即具备敏锐而灵巧的洞察力，能够应对诸多环境和社会挑战，很多鸟类似乎都能充分地满足这一定义。这通常意味着创新性的行动——比如利用新的食物来源，或者试图主动发掘食物来源。关于这一点，最经典的例子来源于多年前英国有关山雀的记录。大山雀（*Parus major*）和青山雀（*Parus caeruleus*）都掌握了开启瓶装牛奶盖子的技巧，这些牛奶在清晨被送到住户的门阶，它们便趁机获取牛奶表层丰富的乳脂。（鸟类不能消化牛奶中的碳水化合物，只能吸收脂类。）1921年，斯韦思林小镇上的山雀首次掌握该窍门；到了1949年，英格兰、威尔士、爱尔兰范围内上百个地点都记录到了这种行为。显然，开瓶盖的技巧通过鸟类的互相模仿传播开来——这一社会学习令人印象深刻。

用“鸟脑袋”这样的词来辱骂他人愚蠢，终究会自食恶果。鸟类与我们的灵长类近亲的根本区别正在一个接一个地消失——制造工具、文化、推理、记住过去、规划未来、换位思考、相互借鉴。人类引以为傲的许多智力象征，都或多或少地在鸟类身上有所体现，鸟类智力以独立而巧妙的方式与人类共同演化。

为什么会这样呢？3亿年前在演化道路上就分道扬镳的生物怎么会拥有类似的认知策略、技巧和能力？

其中一点原因是，人类和鸟类在生物学上的相似性比许多人所想

的更多。大自然很擅长创造信手拈来的事物，它会保留各种有用的生[11]物特性，对它们加以改造以适应新的生存挑战。造成人类和其他物种分化的许多改变并非来自新演化出来的基因或细胞，而是源自现存的基因或细胞的细微变化。这一生物学上的共性让我们能够以其他生物作为“模型系统”来理解人类大脑和行为——无论是研究海兔的学习过程，还是斑马鱼的焦虑，或者边境牧羊犬的强迫症。

人类和鸟类在应对自然挑战的方式上也有诸多相似之处，尽管二者在演化道路上存在很大的差异。这一现象被称为趋同演化，在自然界十分常见。鸟类、蝙蝠、翼龙翅膀的趋同形态都是为了适应飞行要求的结果。为了适应滤食性进食的需求，在生物演化谱系图上相距甚远的须鲸和红鹳在行为、身体形状［都有大舌头以及被称为栉片的多毛组织］，甚至是进食过程中身体的朝向等方面有着高度的趋同性。正如演化生物学家约翰·恩德勒指出的：“我们反复在毫不相关的物种类群中发现趋同演化的案例，表现在形状、外观、解剖学特征、行为等方面。那么为什么不能在认知方面发生趋同演化呢？”

人类和某些鸟种都演化出相对身体而言较大的大脑，这一事实有力地证明了趋同演化的存在。二者在睡眠中大脑的活动模式、脑回路以及学习鸣唱和语言方面也存在类似的趋同演化效应。达尔文把鸟类鸣唱称为“与人类语言最接近的存在”，他说得没错。这样的趋同演化有些不同寻常，尤其是当你考虑到人类和鸟类演化距离的时候。最近，由来自80个实验室的200位科学家组成的科研团队对48种鸟进行了基因测序，为趋同演化研究打开了一扇窗。该研究发表于年，结果显示基因活动在人类学习说话和鸟类学习鸣唱的大脑中有着高度的相似性，这表明也许人类和鸟类共享一套关于学习的基因表达核心模式，而这一模式的产生源自趋同演化。

由于上述原因，在理解人类大脑如何学习和记忆、如何创造语言、[12]解决问题过程中的心理活动、如何在物理空间和社会阶层中定位自己等问题时，鸟类成了极佳的参考对象。鸟类大脑回路中控制社会行为的区域和人类十分相似，由类似的基因和化学物质控制。通过研究鸟类社会习性背后的神经化学机理，人类会在同一领域逐渐了解自己。同样地，我们如果能理解鸟类在练习某个旋律时的大脑活动，也许就能更好地把握自身大脑学习语言的过程，明白随着时间的推移，学习一门新语言越发困难的原因，甚至发现语言最初是如何形成的。如果能理解在亲缘关系上相距甚远的两个物种为何演化出同样的睡眠中大脑活动模式，我们也许就能解开大自然的一个奥秘——睡眠的作用。

本书意在探索并理解造就鸟类繁荣昌盛的不同种类的天赋及其形

成原因。这是一趟丰富多彩的旅程，远达巴巴多斯和婆罗洲，近至我家后院。（见证鸟类的智力并不需要到异国他乡，也不需要看特别稀有的鸟种。它们在你我身边，在喂食器旁，在当地公园，在城市街道，在乡野的天空中。）这也是一次走进鸟类大脑的旅行，我们会一直深入到驱动鸟类与人类思维的细胞和分子层面。

书中各章节从技巧、社交能力、音乐天分、艺术性、空间感、创造力、适应力等方面叙述鸟类的杰出能力或技巧。书中的有些鸟比较稀有，但多数都很常见。你会看到极其聪明的鸦科及鹦鹉科鸟类在书中反复出现，经常出场的还有麻雀类、燕雀类、鸽鸠类和山雀类。当然，我对鸟类世界里的很多常见鸟类都有兴趣，而不仅仅是这些聪明的鸟类。我本可以选择其他鸟种作为书中的主角，但选择上述鸟种是有原因的：这些鸟本身就很有故事可说，而这些故事也许能够揭示鸟类在[13]解决问题过程中的心理活动，从而对人类大脑活动有所启发。书中提到的这些鸟还能拓展我们对于智力的认知。

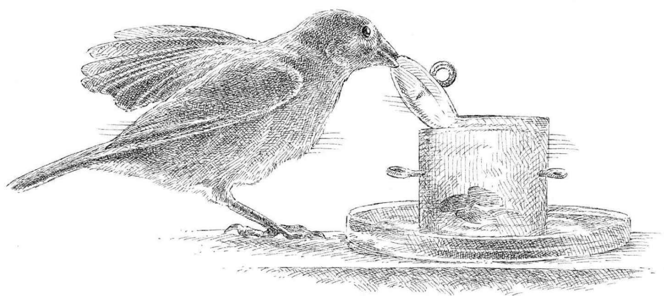
最后一章重点关注特定鸟类杰出的适应能力，只有很少的一部分鸟类拥有这样的天赋。环境的变化——尤其是人类引发的——破坏了很多鸟类的生活，打破了它们以往对事物的认知。奥杜邦网最近的一项调查表明，北美有半数的鸟种——包括三声夜鹰（*Caprimulgus vociferus*）、白尾鸢（*Elanus leucurus*）、普通潜鸟（*Gavia immer*）、琵嘴鸭（*Anas clypeata*）、笛鸻（*Charadrius melodus*）和蓝镰翅鸡（*Dendragapus obscurus*）——很可能在本世纪下半叶灭绝，因为它们不能适应人类引起的地球环境的快速变化。究竟哪些鸟类能够存活下来？为什么是这些鸟？人类在特定鸟类的智力演化中究竟起到了怎样的选择作用？

科学家们尝试从不同的角度回答上述疑问。有的科学家使用现代技术对鸟类大脑一探究竟——探索鸟类在辨认人脸时的神经回路，了解鸣禽在学习鸣唱时的大脑细胞活动，比较鸟类中的“交际花”和“独行侠”的神经化学物质。有的科学家对鸟类基因组进行测序和比较，以确定控制学习等复杂行为的基因。还有科学家给候鸟的背上绑上小型地理定位器，以便探查它们的迁徙过程及辨识线路的能力。这些科学家不仅观看鸟类，为它们标记、测量，而且不知疲惫地观察鸟类，细心地准备长期实验。由于实验对象性格多疑或不配合，其中一些实验最终失败，只能卷土重来。总之，科学家探索鸟类大脑和行为的过程并非一帆风顺，往往需要披荆斩棘。

但是，鸟类才是本书的主角，它们有自己的剧本。我希望读者读完这本书以后，能够对山雀、乌鸦、嘲鸫、麻雀有新的认识。这些鸟更[14]像是你我生活中的过客，它们进取向上、锐意创新、机智顽皮、

应变自如，彼此鸣唱时还带着“口音”，无须问路就能在复杂环境中导航，能够利用地标和几何信息记住物品的放置地点，偷取钱财食物，还能理解对方的心理状态。

显然，聪明的大脑并非只有一种样式。[15]



第一章 从渡渡鸟到乌鸦
——鸟类的心智与行为

在凉爽、幽暗且又静谧的树林里，浓密的树冠里不时传来几声鸟鸣，抬头就能看到祖母绿、地衣灰、暗铜黄、鳄梨绿等颜色五彩斑斓地交织在一起。这便是新喀里多尼亚岛典型的山地雨林，该岛是远在太平洋西南地区的狭长的热带土地，位于澳大利亚和斐济之间。岛上的大型蕨类植物公园因为园内的高大树形蕨而得名。这些树形蕨可以长到七层楼高，让整片森林笼罩在一股原始气息当中。我走的这条小径先是上坡，不久就蜿蜒向下来到溪水边。越靠近溪水，鸟儿的鸣叫和鸣唱也越发响亮。

我之所以来这座岛屿，是为了看到据说是世界上最聪明的鸟——新喀鸦（*Corvus moneduloides*）。这是一种鸦科鸟类（这个科的鸟类通常较为常见，其智慧却不凡）。几年前，一只叫作贝蒂的新喀鸦本能地将一段金属丝掰弯做成钩子，来钩取难以够到的食物，由于这一体现智慧的行为，贝蒂为人们所熟知。最近，另外一只绰号为“007”的天才新喀鸦使得这个物种再次备受瞩目，它在英国广播公司2014年摄制的节目中大显身手，以迅捷的速度完成了一道极具挑战性的谜题。

这道谜题由新西兰奥克兰大学的高级讲师亚历克斯·泰勒设置。[17]谜题包含八个独立的步骤，由各式各样的隔间和装有棍子及石头的“工具箱”组成，全都放在桌面上。007此前见过谜题的部分装置，但这些装置的组合却是首次遇到。要获得最后一步放在隔间管道里的肉，这只新喀鸦需要按照正确的顺序解开谜题。

视频中，这只羽色乌黑、十分帅气的新喀鸦007（真是贴切的名字）飞入视野，停在树枝上，它花了点时间审视周边状况，然后飞到另一根树枝上。这根树枝下方挂着一条绳子，绳上系有一根小木棍——这根小木棍就是谜题的第一步。它先用嘴叼住绳子，把绳子一段一段地往上拉，直到自己的喙够得着小木棍。接着007飞到桌面上，跳到装有肉的隔间旁，把小木棍插入隔间的水平洞口，试着把里边的食物弄出来。但显然木棍太短了，所以它只好使用这根木棍获取三个彼此分隔的箱子里的石头。在007旁边有另外一个隔间，内部有一个

处于平衡位置的跷跷板，跷跷板上放着一根长木棍。于是这只新喀鸦把刚才收集到的石头一颗一颗地放入隔间上方的洞口。三颗石头的重量让隔间内的跷跷板向下倾斜，长木棍顺势滑出。之后乌鸦便叼着这根长棍子把之前隔间里的肉扒了出来。

整个过程令人难以置信，并且这只乌鸦只花了2分30秒便完成了谜题。它真正聪明的地方在于：要完成这道包含八个步骤的谜题，需要理解工具不仅能用来获取食物，还能用来获取另外一件对最终获取食物有帮助的工具。这种自发使用工具获取工具的行为，即元工具使用，此前只在人类和类人猿中观察到。泰勒表示："这预示着乌鸦能够理解工具这一抽象的概念。"而且这项任务还需要工作记忆——一种在解决问题的过程中，能够暂时（也许只有几秒钟）储存信息或思维，并且对其进行处理的能力。工作记忆使得我们在书架上找书时能够记得我们要找的是什么书，或者在掏出纸记录之前记住电话号码是多少。工作记忆是构成智力很关键的一部分，而这只乌鸦显然具备这种能力。[18]

沿着溪流前行，我听到新喀鸦发出"wak，wak"的叫声（或许是两只新喀鸦在彼此叫唤）。这声音有点像是短嘴鸦"caw，caw"的叫声，只是恰好倒过来。鸟类常常用这种只闻其声的方式打招呼。远处传来低沉、忧伤的"woo，woo，woo"的叫声，这可能是散羽鸠（*Drepanoptila holosericea*）发出的一般警报。这是一种长得像小丑一般花哨奇异的鸟类，翅膀和臀部有白色带和暗绿色带。不过这里的树冠很浓密，因此我压根看不到任何一只鸟的踪迹。

云层遮蔽了阳光，森林四周暗了下来。突然间，我听到植被下层传来一阵奇怪的嗞嗞声，于是小心地朝林中空地望去。嗞嗞声越来越近，接着在幽暗的绿丛中我看到一只灰白色的大鸟急匆匆地向我跑来，身形如同魅影一般。它的样子有点像鹭，高度齐膝，头顶长得像凤头鹦鹉，但颜色却是烟灰色。这种鸟叫鹭鹤（*Rhynochetos jubatus*），是鹭鹤科内唯一的一种鸟，也是地球上几百种稀有鸟种之一。

我本来要找的是这一带常见鸟类里一种聪明伶俐的鸟，但却和一种十分稀有的鸟不期而遇，不过，呃……这只鸟好像脑袋里少了根筋似的，向我这个潜在的捕食者跑过来。我心想，鹭鹤濒临灭绝，其数量仅剩下几百只，这也就不奇怪了。

从某种程度上说，鹭鹤算是乌鸦的远亲，但二者的智商真是有天壤之别。莽撞的鹭鹤和机智的乌鸦处在相同的谱系中，简直不可思议，而且两种鸟在这座偏远的岛屿上都有分布。新喀鸦表现出来鹤立

鸡群般的高智商，仅仅是物种演化进程中的异常现象，还是说它们本就占据着鸟类智力梯度的顶端？基于同样的考虑，也许鹭鹤不过是另一种渡渡鸟？

很显然，鸟类在智力和能力方面各有所长、各有所短——至少目前看来是这样的。例如，鸽子在需要运用通用规则解决一系列相似任[19]务的情况下表现得就不大好，而乌鸦能轻松完成这类任务。但看似平凡的鸽子却在其他方面有出彩的表现：它可以长期记住成百上千种不同的物品，区分不同的绘画风格，辨认自己飞行的方向，甚至在离自己熟悉的领地几百英里远的地方也不会迷失。没有证据表明鸻鹬类（例如鸻类、滨类和鹬类）拥有顿悟学习的能力；这是一种能够理解事物彼此之间的联系的能力，它使得新喀鸦能够使用工具，或者巧妙地操纵人造装置以获得食物奖励。但有一种鸻鹬类配得上影帝的称号——笛鸻（*Charadrius melodus*）。这种鸟会假装自己翅膀“受伤”，以此诱使掠食者离开它那暴露在外的脆弱的鸟巢。

为什么有的鸟比其他鸟更聪明？我们应当如何测量某种鸟类的智力？

为了探究这些问题，我从新喀里多尼亚岛出发，横跨半个地球来到位于加勒比海的巴巴多斯岛。10多年前，路易斯·勒菲弗在这里发明了第一个测量鸟类智力的方法。

作为麦吉尔大学的生物学和比较心理学教授，勒菲弗毕生都致力于鸟类智力和相关测量方法的研究。不久前的一个冬天，我拜访了他做鸟类研究的贝勒尔研究中心。这是一个由四栋小型建筑组成的研究所，位于巴巴多斯岛西岸霍尔敦附近。1954年，一位叫作卡莱恩·贝勒尔的英国海军军官兼政治家将该地产遗赠给麦吉尔大学，作为海洋研究站使用。如今，除了勒菲弗和他的研究团队以外，已经很少有人在这里做研究了。时值2月，正是巴巴多斯岛的旱季，但频繁的瓢泼大雨仍然把研究中心的庭院淋个透，也让紧邻加勒比海的希伯恩住宅楼的阳台充溢着积水，形成层层的涟漪，而这栋住宅楼正是勒菲弗研究期间的住所。[20]

勒菲弗60岁上下，平日里挂着和蔼的笑容，有着一头深灰色的卷发。他是演化生物学家理查德·道金斯的门生，最初研究的是动物整理毛发的现象（这是动物天生的行为）。现在，他打算转向行为更加复杂的鸟类，研究它们如何思考、学习和创新，而研究对象就是后院里那些不起眼的小鸟。

和新喀里多尼亚不同，巴巴多斯并不是一个加新鸟种的好地方。

相较于大多数热带地区物种的丰富多样，这里的生物多样性令人失望。岛上只有30种原生鸟类和7种引入的鸟种，因此鸟类专家把这座岛屿归为“鸟类贫瘠地区”。这是由岛上特殊的地理环境导致的。巴巴多斯岛是一座由新生的珊瑚石灰岩形成的小岛，位于小安的列斯群岛的东边。该岛地势平坦，难以形成雨林，且因石灰岩多孔隙，也难以形成溪流和沼泽。此外，过去的几个世纪以来，岛上的旷野、森林和灌木地带都种上了甘蔗。如今的巴巴多斯岛的旅游业已经高度开发，有许多的城镇和相关设施。繁忙的彩绘巴士穿梭于旅馆和海滩之间，敞开的车窗不时传来卡里普索民歌的曲调。面对人类不断的扩张，只有少数鸟类能够适应变化，进而繁荣昌盛。因此，对于一心想要看到鹭鹤这样稀有鸟类的观鸟人士而言，巴巴多斯无异于一片废土。但如果你想要观赏鸟类做一些聪明机灵的事情，那这里就是你的乐园。

“这里的鸟类性情温顺，是理想的实验对象。”勒菲弗说。他寓所外宽阔的石砌阳台成了临时实验室，辉拟八哥（*Quiscalus lugubris*）和当地鸟种鸣哀鸽（*Zenaida aurita*）在此踱步，一副蓄势待发的样子。辉拟八哥身体呈亮黑色，眼睛呈亮黄色，体形比美洲的宽尾拟八哥（*Quiscalus major*）更小巧结实。这些鸟知道勒菲弗就是那个“提供小颗粒饲料和水的人”，它们在阳台上踱步等待喂食的模样就像是急躁的牧师一般。勒菲弗把平底锅里的水倒在阳台上，形成了一洼水，然[21]后在旁边干燥的地面上扔上几粒坚硬的狗粮。辉拟八哥叼起一粒狗粮，走到水坑旁边，优雅而又讲究地把狗粮沾上水，然后飞到一旁享用软化了的食物。

出于各种各样的原因，至少有25种鸟类在野外有浸泡食物的行为。有的是为了把食物表面的污物和有毒物清洗掉，有的是为了软化坚硬干燥的食物，还有的是为了把难以下咽的皮毛或羽毛变得比较顺滑。例如，有人曾目击到澳洲鸦（*Corvus orru*）把一只麻雀的尸体浸泡在水里。勒菲弗解释说：“这是最原始的使用工具的行为，属于食品加工的一种方式。”浸泡过的饲料颗粒更容易下咽。“一旦我提前浸泡了饲料，这些鸟就不会再把饲料泡一遍了。它们走到水洼旁边，但不会把饲料放进水里。由此可知这些鸟对自己的行为很清楚。”

对于辉拟八哥而言，浸泡食物这种行为有一定的风险，因此它们很少这么做。勒菲弗说：“我们的研究显示，80%到90%的辉拟八哥存在浸泡食物的行为，但它们仅仅在特定的环境条件下才会这么做。食物的品质、周边环境状况、是否有其他鸟类准备偷取或抢夺食物，这些都是它们的考量因素。”处理食物的时间越长，被其他拟八哥抢夺或偷走的概率就越大。勒菲弗解释道：“处理食物最主要的代价是食物被盗，高达15%的食物被竞争对手偷走。这里面涉及处理食物的

损益比，而这些鸟类足够聪明，能够判断这么做是否值得。”无论从哪种智力测量标准来看，这都是一种高智商的行为。

勒菲弗告诉我，动物科学家往往慎用“智力”一词，因为这个词通常是用来衡量人类的。亚里士多德在他的著作《动物志》中写道，动物具有许多“人类的特质和态度”，例如“凶猛、温和、易怒、勇敢、胆小、畏惧、自信、情绪高涨、低调奸诈等。至于智力方面，动物也是有灵性的”。然而，到了现代，你如果暗示鸟类具有类似人类的智力、意识或主观的情感，人们就会说你把它们拟人化了。这个意思就是：你把鸟类当成披着羽毛的人类，并用这样的角度诠释它们的行为。我们人类确实很容易把自己的经验投射在其他生物身上，而且这种做法可[22]能——也确实会——误导我们。鸟类就像人类一样，是属于动物界、脊索动物门、脊椎动物亚门的生物，但它们和我们的共同性仅此而已。鸟类是鸟纲动物，人类是哺乳动物，这两种生物之间有着巨大的差异。

但我们如果因为鸟类和人类、鸟脑和人脑之间有根本性的差异，就认定二者的心智能力绝无相同之处，这难道不也是一种谬误？我们自称为“智人”（*Homo sapiens*），以示我们和其他生物有别。然而，达尔文在《人类的由来》中宣称，动物和人类的智力性质相同，只不过程度有别。对达尔文而言，即便是像蚯蚓这般的生物也能“展现出某种程度的智力”，因为它们会把松针和植物拖到它们的地道里，把洞口堵住，以免自己被所谓的“早起的鸟儿”给吃掉。我们固然很容易以人类的心智过程诠释其他动物的行为，但或许我们更容易否认二者之间的关联性。这就是灵长类动物学家弗朗斯·德瓦尔所说的反拟人论，也就是无视其他物种展现出的类人特质。德瓦尔表示：“这类人企图建造一面砖墙，把人类和其他动物隔离开来。”

无论如何，勒菲弗表示：“你得小心自己的措辞。”他指出，最近发表的一项有关老鼠的同理心的研究，以及另一项有关鸟类的“心智时间旅行”的研究，就引起了一些争议和疑虑。“我并不是怀疑这些实验有什么问题。事实上，他们的研究做得很扎实，也没有把动物拟人化的倾向。”他说，“但或许他们在描述事情的时候，用词应该谨慎一些。”

大多数研究鸟类的科学家都像他一样，宁可以“认知”一词取代“智力”。所谓的“动物认知”的定义通常是“动物取得、处理、储存并使用信息的任何一种机制”。一般来说，它指的是与学习、记忆、感知[23]和决策相关的一些机制。认知分成高阶和低阶两种，举例来说，洞察力、推理能力、规划能力都被视为高阶认知能力，低阶认知能力则包括注意力和积极朝着目标前进的能力等。

鸟类的认知能力属于什么形式？关于这点，科学家们的看法不一。科学家认为鸟类具有包括空间、社交、技术和声音等方面的几种不同形式的认知能力，而且可能有些方面强，有些方面弱。有些鸟类可能善于辨识空间，但在解决睡觉问题方面却不在行。这种看法是把鸟的大脑视为数种不同的处理器——或称为模组——的组合，每一个区域专门负责一个特定的任务，例如有的回路负责学习鸣唱，有的负责在飞行时辨识方向等。基本上，每一个模组里的信息都不会跑到其他模组里。但是勒菲弗主张鸟类具有整体的认知能力，也就是说，它们的大脑是一个通用处理器，可以解决不同领域的问题。他指出，如果一只鸟的某一项认知能力很强，那么它在其他方面的认知能力也往往很强。他说："动物在解决问题时，脑子里的各个区域很可能都参与其中，形成一个互动的网络。"

勒菲弗表示，有些原本持"模组论"的科学家已经开始认同他的观点。因为若干研究已经发现，鸟类在解决不同的问题时，可能用到了广泛的认知机制。举个例子，某些鸟类的社交智能似乎和空间记忆或类情景记忆能力（一种记得什么时候在什么地方发生什么事情的能力）呈正相关。

关于人类的智能也有类似的争议。大多数心理学家和神经科学家都认为，人类的智能分成好几种，包括情绪、分析、空间、创造力、解决实际问题的能力，以及其他许多方面。但究竟这几种智能是各自独立还是互有关联，他们的看法却不尽相同。在"多元智能"理论中，哈佛大学的心理学家霍华德·加德纳将人的智能分成八种，认为它们是各自独立的。这八种智能分别是身体、语言、音乐、数学或逻辑、对大自然的感应（对大自然的感觉很灵敏）、空间（知道自己所处位置和某一特定地点的联系）、人际（能体会别人的感受并能和他们愉快地相处），以及自我认知（了解并控制自己的情感和想法）。有趣的是，鸟类[24]的情况也很类似。比方说，蜂鸟运用自己身体的能力，可以媲美特技演员；淡尾苇鹪鹩（*Thryothorus euophrys*）有着惊人的二重唱天分；鸽子在方向的辨识方面甚至有特殊的能力。

有些科学家则主张人类具有一般性的智力，可以在各方面都很聪明，也就是所谓的"一般智力因素"。几年前，52个研究人员组成一个专家团，合力研究这个问题。他们一致认为："智力是一种非常全面的能力，包括推理、规划、解决问题、抽象思考、理解复杂的概念、迅速学习，以及从经验中学到东西等各方面的能力。"

如果说为鸟类的智力下定义比较困难，那么对它们的智商进行测量便是难上加难。"事实上，鸟类认知能力测验的设计，目前还在初始阶段。"勒菲弗表示。目前还没有专门为鸟类定制的智商测试。因

此，科学家们便尝试设计一些可以显示鸟类认知能力的题目，比较不同种类鸟类的表现，也比较同一种鸟类中不同个体的表现。

勒菲弗最近主要的研究对象是巴巴多斯当地一种很普通的棕色小鸟。当我坐在他那栋俯瞰着蔚蓝大海的公寓后阳台做着笔记时，那些棕色的小鸟就在附近的澳洲木麻黄和桃花心木的枝头飞来飞去，不久便飞到了阳台的栏杆上。其中一只就停在我伸手可及的范围。我盯着它看，只见它在那儿蹦蹦跳跳，不时转过头来，回望着我。

它仿佛在问："你为什么对我这么感兴趣呢？"

因为这里的人都知道你们很聪明，很会偷东西，而且很善于找到新的食物来源。

这种鸟便是巴巴多斯牛雀（*Loxigilla barbadensis*）。勒菲弗表示，这种鸟是岛上常见的庭院鸟类。在他住的那栋建筑安装纱窗以预防登革热之前，这些巴巴多斯牛雀经常从公寓那几扇面朝大海的门窗飞进他的家，啄食放在厨房柜台上的香蕉，叼走几块面包或蛋糕。但这[25]些巴巴多斯牛雀之所以出名，是因为它们在加勒比海岸的户外餐厅中发现了一个新的食物来源。后来，勒菲弗让我见识到这些鸟寻找食物的本事。在霍尔敦两个滨海俱乐部之间的一条羊肠小道上，有一面靠海的石墙，石墙边缘由帕拉第奥式建筑风格元素装饰。勒菲弗把一包糖放在一块岩石上，又沿着石墙放了四包糖。一只巴巴多斯牛雀花了几秒钟便发现了这些宝藏。只见它落到石墙上，仔细调查这四四方方的白色小纸包，接着把纸包翻过来，显然在寻找纸包上是否有漏洞，随即又带着纸包飞到附近的树枝上。不到半分钟的时间，这只牛雀便戳破了纸包，吃到了里边的糖。白糖的晶体覆盖着它的喙，这情景就像牛奶沾满小孩的嘴一样。这是一种十分独特的技能，岛上居住的其他鸟种从未掌握。这只牛雀知道自己在做什么，胆子不小，脸皮也不薄，一有机会便会寻觅新的食物来源。

在巴巴多斯牛雀生活的地方，基于聪明的鸟类能够创新这一理念，勒菲弗发明了一种智力测量的方法。巴巴多斯牛雀和那些设法吃到乳脂的山雀一样，会尝试一些新的事情。稍微笨一点的鸟类，则会遵循原有的模式，很少有创新、探索或尝试新事物的行为。

在这座岛上，还有一种和巴巴多斯牛雀长得很像的近亲鸟类——黑脸草雀（*Tiaris bicolor*）。这种鸟正好和巴巴多斯牛雀形成了有趣的对比。两种鸟在后院里都很常见，并且彼此在许多方面都很相像，除了智力水平。巴巴多斯牛雀能很快地学习新事物，而黑脸草雀则迟钝得多。通过对比两种庭院鸟类，勒菲弗得以观察鸟类心智的本质。

“这两种鸟的基因几乎一模一样，源自同样的祖先，而且可能在两三百万年前才开始分化。”勒菲弗解释，“它们居住的环境相同，都有地域性并且有着同样的社会制度。”唯一的差异是巴巴多斯牛雀很聪明，天不怕、地不怕，而且很会投机取巧；黑脸草雀则非常怯懦、保守，几乎什么都怕。

我们或许可以从巴巴多斯牛雀的演化过程看出其中的端倪。当这种鸟来到巴巴多斯岛上时，就开始和色彩鲜艳的小安德牛雀（*Loxigilla noctis*）分家了。后者的雄鸟和雌鸟颜色不同。雌鸟是很26不起眼的褐色，雄鸟则有漂亮的黑色羽毛和鲜红的喉部，这是性选择的结果。但巴巴多斯牛雀则是两性同型，雄鸟和雌鸟都是不起眼的褐色。

“有人认为巴巴多斯牛雀之所以在演化过程中产生这样的变化，是因为岛上缺乏含有类胡萝卜素的食物，因此鸟类无法长出红色和黄色羽毛。”勒菲弗解释，“但后来发现，鸟类不一定需要类胡萝卜素才能长出红色羽毛。因此巴巴多斯牛雀在羽色上产生变化，有可能是因为雌鸟在意的并不是羽毛。或许它们喜欢的是那些能够找到新的食物来源——例如糖包的雄鸟。”也就是说，或许巴巴多斯牛雀的雌鸟喜欢比较聪明的雄鸟。

“我不知道还有哪两种血缘关系密切的鸟类像它们一样如此相像，但在应变能力和觅食策略上又这么不同。”勒菲弗表示。他提议到福克斯通海洋公园里的一片有森林的田野，做一项非正式的实验，以说明他的观点。在那里，有好几只黑脸草雀在距我们约30码（约27米）的草地上寻找可吃的种子。不远处的几棵树上有几只其他鸟类。勒菲弗丢出一把鸟食后便蹲在草丛里不动。最先注意到那些鸟食的是辉拟八哥。不到半分钟，它们就叫着聚成一团，叫声又把更多的辉拟八哥、巴巴多斯牛雀吸引过来。但那些黑脸草雀却不为所动，只是一个劲地低头查看草地。勒菲弗压低嗓门，仿佛说悄悄话似的，以他的英国口音说：“这真是完美的结果，就像大卫·爱登堡[1]躲在鸟群中事先设计好的那样。”接着他又像模像样地模仿这位著名博物学家的语气说道：“这种鸟真了不起啊……”

突然间，他站起身来，指着那些黑脸草雀说道：“它们完全无视其他机会，既不受鸟食的吸引，对其他吃食的鸟类也无动于衷，完全没有想到可以寻找别的食物来源。”

由于黑脸草雀实在太无趣了，过去15年来勒菲弗一直无视它们的存在，但现在这种鸟和巴巴多斯牛雀形成了完美的实验对照组，因为二者的基因非常接近。

“黑脸草雀为什么是这个样子？”勒菲弗很好奇，“它的祖先基[27]因型和巴巴多斯牛雀相同，生存环境也相同，是什么因素导致二者对食物的态度迥然相异？”为什么一种鸟会比另外一种鸟大胆、聪明、机灵？

“有研究表明，取食生态不同的物种，学习能力和大脑结构也不相同。”勒菲弗表示。因此他所做的第一项实验便是让这两种鸟做一些任务，由此测量它们的基本认知能力。为了达到这个目的，他必须把鸟类在田野中表现出的自然行为和科学家们在实验室中所能测量到的差异做比较。

这并不是一项简单的工作，光是捕捉那些黑脸草雀就很费劲。勒菲弗曾经尝试用走入式陷阱捕捉巴巴多斯牛雀，但他在这里工作的25年间，从没有用这种陷阱捕捉到黑脸草雀，因为它们的警惕性实在是太高了。于是勒菲弗的研究团队便架设雾网来捕捉实验对象。

“关键在于要找到黑脸草雀愿意做的事情。”勒菲弗表示，“它们很容易受到惊吓，因此只要实验的装置看起来稍微有一点奇怪，它们就不会参与其中。”勒菲弗手下的研究生马·卡耶罗已经在野外测量出两种鸟开始吃一杯种子的速度。巴巴多斯牛雀大约5秒钟就能发现新的食物来源，但黑脸草雀却要花5天的时间。“对它们来说，一个装满种子的酸奶杯实在太奇怪了。”卡耶罗表示。

在做认知实验时，卡耶罗为这两种鸟提供了一个它们从未见过的东西：一个透明的小圆筒，里面装着食物，圆筒上有一个可以打开的盖子。她的目的在于测量实验对象要多久才会靠近容器，触碰它，并将盖子弹开，吃里面的种子。她发现这些鸟的表现各不相同，即使同样是巴巴多斯牛雀，每一只的反应也各不相同。其中一只巴巴多斯牛雀在鸟舍四周飞了好几分钟，又像蝙蝠一样在最低的枝头倒挂着身子，之后又过了好几分钟，才靠近那个圆筒，并将盖子打开。整个过程总共用时8分钟。第二只鸟则直接飞到圆筒处，并且几乎立刻便打开了圆筒。“好孩子！”卡耶罗说，这只鸟只花了7秒钟。

在卡耶罗观察的30只巴巴多斯牛雀中，有24只很快就完成了去除障碍的任务，但另外15只黑脸草雀，却没有一只靠近那个圆筒。[28]

有些巴巴多斯牛雀（例如第二只）似乎能够想出快速解决问题的办法，而不需要反复尝试。这是一种洞察力吗？勒菲弗并不这么认为。他的研究生萨拉·奥弗林顿曾做过一个对比实验，观察一只辉拟八哥在面临类似问题时如何啄取食物。在观看了成百上千小时的录像后，她发现那些鸟有两种啄法。第一种是直接对着食物啄，第二种是

对着容器的侧面啄。这样的啄法会使得盖子移动，让鸟知道它应该继续啄下去。因此，引导鸟的是一些极细微的视觉或触觉上的线索。勒菲弗表示："如果是洞察力，它们应该能够立刻解决问题，会有类似于'啊！原来如此！'的灵光一闪。"事实上，受试的鸟表现出来的更像是不断试错、反复摸索的情况，而这是一种较为低阶的认知能力。

问题是，那些看起来很特殊或聪明的行为，可能只是一些简单的、反射性的动作。

在这方面有一个很突出的例子，这便是集群现象——鸟类或其他生物（有时数量很庞大）同时做出一样动作的行为。有一次，我听到院子里传来一阵叽叽喳喳的声音，便走出去瞧一瞧，结果发现有一群椋鸟停歇在我家那棵朴树上，看上去就像是树上开满了黑色的花朵。突然间，天空中掠过了一只鹰的身影，那些椋鸟像一个整体一般腾空而起，飞往别的地方。它们在天空中翱翔盘旋，宛如一块微微反光的黑色板子。动作虽然复杂，却整齐划一，融为一体。这是椋鸟吓退捕食者（例如鹰和隼）的有效策略。埃德蒙·塞卢斯[2]是一位热爱鸟类并以科学观察鸟类为职责的伟大博物学家，他认为集群现象是鸟类通过彼此的心电感应形成的。"它们在空中盘旋，一会儿聚在一起，宛如光亮的屋顶一般，一会儿又分散开来，好似一张笼罩一切的天网；突然暗下来，然后又闪现万道光芒……可谓天空中的奇观。"他写道"它们肯定是全体同步思考，或者其中的一部分同步思考，而后形成集体意识。"29

后来，人们发现鸟类（鱼类、哺乳动物、昆虫、人类也是如此）表现出来的叹为观止的集体行动，都是自我组织的，是个体与个体之间根据简单的原则互动的结果。鸟类之所以能采取一致性的行动，并非如塞卢斯所言，是群体成员间通过心电感应沟通的结果，而是因为其中的每一只鸟都和距它最近的鸟（最多7只）互动，然后它们会在维持飞行速度和彼此距离的前提下，自行决定如何移动，并仿效身旁个体转弯的角度。因此，一个有400只鸟的群体才能在半秒钟多一点的时间内转弯飞往另一个方向，如同阵阵泛起的涟漪一般。

人们通常认为：那些看起来复杂的行为，必然是出自复杂的思考过程。但那些巴巴多斯牛雀和辉拟八哥之所以能在基本认知测验中迅速解决问题，可能不是因为它们能够立刻"想出"解决方案，而是因为它们注意视觉上的回馈，并且懂得随时自我修正。

卡耶罗在另外一个认知测验中，试图让那些鸟忘掉它们已经学到的东西，并"重新学习"新的事物。她用两只杯子（一只黄色，一只绿色）装了一些可以食用的种子，让每一只鸟选择要吃哪只杯子里的种

子，以了解它对颜色的偏好。然后她把它喜欢的那只彩色杯子里的种子换成无法食用的种子（这些种子被粘在杯子底部，因此吃不到），并测量每一只鸟要花多长时间改变习惯，不再飞到它喜欢的那只彩色杯子（现在里面装的是不能吃的种子）去进食，而去吃另外一只杯子里的东西（可食用的种子），哪怕它不喜欢这只杯子的颜色。之后，她再次调换标志着“可食用的种子”和“不可食用的种子”的颜色。

这种方法叫作反转学习，经常用来测试一只鸟能够以多快的速[30]度改变想法并学习新的模式。“这是它们是否具有灵活思考能力的指标。”勒菲弗解释，“这也适用于人类。那些有心智缺陷或阿尔茨海默病的人，经常会被要求做这种‘反转学习’的测验，以检测病人的思考方式是否足够灵活。”

测试结果表明：巴巴多斯牛雀学得很快，大多数尝试几次就能学会新技巧；黑脸草雀则要慢一些。它们动作迟钝，小心谨慎，但最终还是能学会，并且在选择正确颜色的杯子时，犯错的概率比巴巴多斯牛雀少。

“结果有些出人意料，”勒菲弗表示，“但从某种程度上来说，也算有所收获。至少我们发现了黑脸草雀在哪种测试中表现得较好。如果你用来做实验的某一种鸟，在每一个测试项目上的表现都不尽如人意，那么问题可能出在你身上。你可能不了解这种鸟是如何观察这个世界的。”

在实验室中测量鸟类解决问题的速度和成功率，是科学家评估鸟类智力的一种方式。科学家试图设计一些鸟类在自然环境中可能会遇到的难题，例如要排除障碍或绕过障碍物，以便找到藏在某处的食物等。他们会让鸟类推动控制杆、拉线或者转动盖子，从而打开装有食物的容器。他们会计算鸟类在解决问题时所花的时间，以及改变策略的速度。（“如果X方案不行，就试试Y方案。”）科学家想要了解鸟类之所以能够解决问题，是因为它们突然的顿悟（原来如此！），还是条件反射下渐进地试错的结果，以此判断它们是否有洞察力。

不过实施起来却困难重重。在这类实验中，有许多因素可能会影响鸟类的成败，鸟类个体的性格（胆大或胆小），可能会影响其解决问题时的表现。能够较快解决问题的鸟类，并不见得比较聪明，只是比较勇于尝试新的事物。一项用来测量认知能力的测试，可能实际上测的是勇敢的程度。黑脸草雀是否只是比较害羞而已？

“很遗憾，要排除其他因素的干扰，测量出‘纯粹’的认知能力是[31]非常困难的。”内尔吉·布格特指出。她以前是勒菲弗的学生，目前是

圣安德鲁斯大学的鸟类认知研究者。“就像人一样，每只鸟解决认知问题的动机、测试时感受到的压力、因环境因素而分心的程度，还有以往类似测试的经验积累量都不相同。到底该怎样测试动物的认知能力？目前行为生态学界仍有许多争议，并没有提出明确的解决方案。”

几年前，勒菲弗突然想到，或许可以尝试用另外一种测量方法，也就是在野外（而非实验室中）评估鸟类的认知能力。勒菲弗在巴巴多斯的海滩散步时，想到了这样的办法。“当时，一场猛烈的暴风雨刚刚结束。”他说，“每次大雨过后，霍尔敦的潟湖里的水便会泛滥，然后流入海里。我走在潟湖附近的海滩上时，注意到好几百条孔雀鱼被困在沙洲上的几个小水塘里。”勒菲弗看到这些鱼挣扎着要从一个水塘游到另一个水塘，这时几只灰王霸鹟（*Tyrannus dominicensis*）俯冲下来，把这些鱼叼起来带到树上，接着在树枝上将鱼敲死，而后吞进肚子里。

灰王霸鹟是一种很常见的西印度群岛鹟，本来善于捕捉飞行中的昆虫，而非鱼类。这是第一次有人看到这种鸟将平常的捕食技巧用在非常规猎物身上。

勒菲弗寻思道：“这些灰王霸鹟是如何学会利用这种回报丰厚的食物来源的？”是因为它们就像那些懂得打开牛奶瓶盖吃到乳脂的山雀一样聪明而富有创造力吗？

他心想，或许可以观察这类事件，看看野外的鸟类会做出怎样非同寻常的事情，这也许是一种测量鸟类认知能力的可行办法。事实上，珍·古道尔[3]和她的同事汉斯·库默尔在30年前就提出了这样的方32法。他们两人呼吁，研究人员应该观察野生动物在自然环境中解决问题的能力，从而评估它们的智力。两人认为智力的测量不应该在实验室中进行，而应该在生态环境中，方法是观察动物在其自然环境中的创新能力，看它们是否能够“发现解决问题的办法，或找出解决旧问题的新办法”。

勒菲弗把观察灰王霸鹟的收获发表在《威尔逊鸟类学报》的观察笔记专栏。这份学报专门发表业余观鸟爱好者和鸟类专家针对不同寻常的鸟类行为所做的观察报告。他心想：搜集各个鸟类期刊中的逸闻，也许可以提供库默尔和古道尔所说的生态证据。野外的哪些鸟类最富有创新能力呢？

勒菲弗指出：“有关认知的实验和观察固然很重要，但像这样的资料收集，将会提供独一无二的视角，并且避免动物智力研究中存在

的一些陷阱。”例如测试时使用的装置，并非动物在自然环境中可能遇到的东西。

勒菲弗用“不寻常的”、“新奇的”或“首次发表的案例”等关键词，查阅了75个年份的鸟类期刊，收集到超过2300个案例，涵盖好几百种鸟类。其中有些案例是鸟类大胆尝试奇特的新食物：一只走鹃（*Geococcyx californianus*）栖息在楼顶的蜂鸟喂食器旁边，伺机捕食蜂鸟；南极有一只北贼鸥（*Catharacta skua*）混在刚生下来的海豹群中，吮吸母海豹的奶水；一群鹭猎杀了一只兔子或麝鼠；伦敦有一只鹈鹕吞下了一只鸽子；一只鸥吃了一只冠蓝鸦（*Cyanocitta cristata*）；新西兰有一只黄头刺莺（*Mohoua ochrocephala*），本来是吃昆虫的，却首次被人目击到吃百合花的果实。

还有一些鸟想出了巧妙的觅食方法。南美的牛鹂会用一根细细的树枝去戳牛粪。还有许多人观察到美洲绿鹭（*Butorides virescens*）会把虫子轻轻地放在水面上，用它们当诱饵来吸引鱼群。一只银鸥（*Larus argentatus*）把它平常砸甲壳动物的办法稍作变通，结果抓到了一只兔子。更有创意的例子是，亚利桑那州北部的一群白头海雕（*Haliaeetus leucocephalus*）竟然在冰面上钓鱼。有人目击到它们发现[33]一窝冻死在结冰湖面下方的呆鲦鱼后，便在冰上钻了几个洞，然后在湖面上跳来跳去，用它们的体重把那些鱼推到洞口。勒菲弗本人最喜欢的案例之一是关于津巴布韦秃鹫的报道。在当地的解放战争期间，这些秃鹫会蹲踞在布雷区旁的铁丝网上，等到瞪羚或其他草食动物无意中走进来，踩中地雷被炸飞之后，它们就有现成的肉可以吃。不过，勒菲弗补充道：“偶尔也会有一些秃鹫自食其果，被地雷炸得粉身碎骨。”

勒菲弗收集了这些报道后，便依据涉及鸟类的科目进行分类，然后计算每一个科鸟类表现出创新性行为的比例。此外，他还考虑了一些可能会导致计算误差的变量，调整了分析结果。这些变量中影响最大的，便是观察研究的次数：有些鸟种观察的人较多，因此目击到它们做出创新性行为的概率自然要高一些。

“老实说，刚开始的时候，我并不认为这种办法可行。”他说。通常情况下，针对逸闻进行的分析是不科学的，用业内的行话形容，这些只是“弱数据”。“如果以个别报道做出的观察记录并不科学，针对2000个报道的记录总结又怎么会可靠呢？当然我认为这些数据还是有一定价值。哪怕数据中包含一些漏洞，这些漏洞也是随机分布在所有族群中，因此并不会影响到整体结果。我一直在等，会不会有什么问题出现，使得整个分析系统作废，但这种情况并未发生。”

那么根据勒菲弗的度量表，什么鸟类最聪明呢？

可想而知，答案是鸦科鸟类（尤其是渡鸦、乌鸦）以及鹦鹉。其次是辉拟八哥、猛禽（尤其是鹰和隼）、啄木鸟、犀鸟、鸥类、翠鸟、走鹃和鹭。（猫头鹰并不在人们的搜寻范围内，因为它们是夜行性动物，其创新性行为很少有人直接看到，有的只是边缘证据的推论。）此外，麻雀科和山雀科的鸟类排名也很靠前。排名垫底的是鹌鹑、鸵鸟、鸨、火鸡和夜鹰。

接下来，勒菲弗进一步分析：那些在野外表现出创新性行为的鸟[34]类，是否有相对而言较大的脑容量？就大部分案例而言，二者之间确实有一定的关联。以体重都是320克的两种鸟为例：创新次数多达16次的短嘴鸦，大脑有7克重；而只有1次创新的鹧鸪，大脑仅有1.9克重。再以体形较小、体重同样都是85克的两种鸟为例：创新次数为9次的大斑啄木鸟（*Dendrocopos major*），大脑重2.7克；但创新次数只有1次的鹌鹑，大脑只有0.73克重。

当勒菲弗在2005年美国科学促进会的年会上公布研究成果后，媒体争相报道，称之为全世界第一份全面的鸟类智商指标。勒菲弗认为这样的说法“有点噱头”，“但何乐而不为呢”。

消息传开后，感兴趣的记者不断向勒菲弗提出问题。其中一位问他世界上哪一种鸟最笨。勒菲弗回答道：“鸸鹋最笨。”结果第二天报纸头条报道：“加拿大研究员声称澳大利亚国鸟是世界上最笨的鸟。”［鸸鹋（*Dromaius novaehollandiae*）和袋鼠被选为澳大利亚非官方动物代表，象征着国家进步的力量，这是由于很多人误以为这两种动物无法轻易后退。］因此勒菲弗在澳大利亚不怎么受欢迎。不过，勒菲弗在接受澳大利亚广播电台的一次采访时，发生了一件使其名声有所好转的事情。一位听众打电话给节目组，讲述了他在澳大利亚内陆和土著相处的故事，他说那些土著告诉他：如果他躺下来，把一只脚翘起来，这些鸸鹋就会跑过来查看，误把他当成它们当中的一分子。

勒菲弗承认，用鸟类大脑（或大脑中的重要部位）的大小来评估其智力的办法并不是那么准确。“以小滨鹬（*Calidris minuta*）为例，相对体形而言，它的脑袋挺大的。但这种鸟只会在海面上随着波浪飞来飞去（它们仿佛在说：别弄湿了膝盖，别弄湿了膝盖），并啄食那些无脊椎动物。”

我们早就知道脑袋大并不一定是“聪明”的代名词。牛的脑袋比老鼠大100倍，但一点都不比老鼠聪明。有些脑袋很小的动物，也具有

令人惊讶的心智能力。蜜蜂的脑袋只有1毫克，但它们辨识方位的能[35]力，并不亚于哺乳动物；果蝇具有互相学习的能力。因此比较有意义的指标似乎是脑袋大小和体形的比率，即“脑化指数”，但这个指数和智力有多大的关联还不清楚。

“这不仅仅是脑袋大小的问题——至少不是所有动物都是如此。”勒菲弗解释，“我们在测量脑容量时，是否也意味着我们在测量信息处理能力？恐怕不是这样。”

如今许多科学家都同意，鸟类的创新能力可作为研究认知能力的一项指标。但如果脑袋大小和创新能力无关，那么究竟是什么因素决定了这种能力呢？有创新能力和没有创新能力的鸟有什么区别？巴巴多斯牛雀和黑脸草雀的脑袋几乎一样大，但前者显然比后者聪明，这两种鸟的区别究竟在哪里？

“这需要我们进入它们的大脑一探究竟。”勒菲弗回答，“目前为止，研究人员关注的焦点都在大脑特定区域或整体的大小上面。但这并非关键所在。创新和认知能力与大脑容量无关，而是和神经元的活跃程度有关。”

这不禁让人联想到神经科学家埃里克·坎德尔，他曾因为研究记忆如何储存在神经元中而荣获诺贝尔奖。他的老师哈里·格伦德费斯特曾经告诫年轻的坎德尔说：“听着，如果你想要了解大脑，你得把它还原到最基本的单位，一个细胞一个细胞地研究。”坎德尔说：“我的老师说得一点没错！”

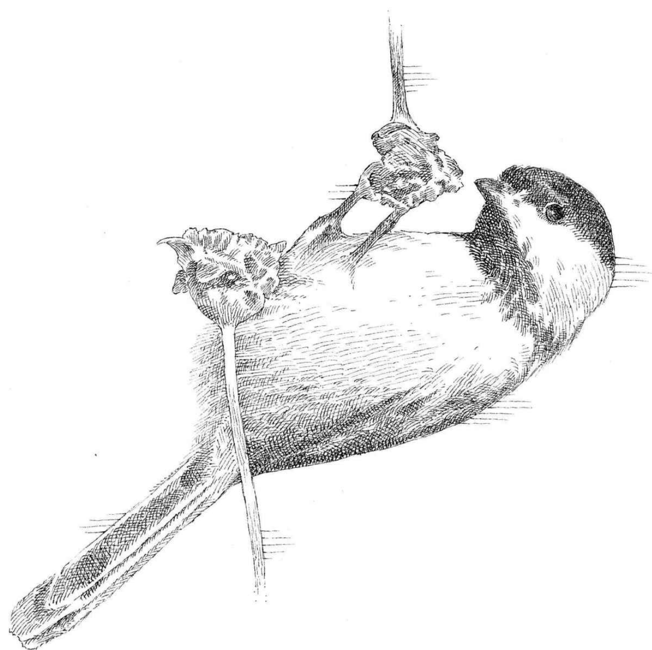
就像其他研究鸟类认知的科学家一样，勒菲弗在“往神经的方向走”，希望能了解鸟类学习新事物和解决问题的行为，如何反映在大脑的活动、神经元及神经元彼此的接合点（突触）上。神经元彼此之间是通过突触进行沟通的。勒菲弗表示：“我相信动物表现出灵巧而富有创意的行为，与在突触层面上发生的神经活动有关。”

[36]是什么因素使得巴巴多斯牛雀或新喀鸦如此聪明，有创造力？黑脸草雀和鹭鹤真像它们表现出来的那样死脑筋吗？

“我们正试图从不同角度探索这些问题。”勒菲弗表示，“不妨从野外调查开始，到实地探访，仔细观察要研究的鸟类。因为想要真正了解鸟类，就必须熟悉它们在野外的种种行为，然后再试着深入鸟类的大脑中。因此我们现在的做法是先在野外观察鸟类的行为，比较每一种鸟的能力，然后再用抓来的鸟类个体做实验，以便找出我们在野外观察到的行为和在实验室中得到的基因以及细胞活动之间有什么关

联。”

这就是目前鸟类智力方面正在进行的大型科研项目。这是一项了不起的工程，把对生态和行为的观察、实验室中进行的认知研究，以及对鸟类大脑的深入探索有机地结合起来，从而揭开鸟类心智的奥秘。[37]



第二章 鸟有鸟法
——重新审视鸟类大脑

有一次，我在美国纽约州的阿第伦达克山脉滑雪，途中在一片林间空地上停下来午餐。当时，地上的雪很厚，天气寒冷刺骨。我刚把用锡箔纸包着的花生酱三明治打开，便用余光注意到有什么东西在移动，并听见一阵很熟悉的鸟叫声，接着便看到它跳到空地边缘的一根树枝上。原来是一只黑顶山雀（*Poecile atricapillus*），这种鸟是会打开瓶盖吃乳脂的青山雀的近亲。一只又一只的山雀飞过来，不久我的脚边就聚集了一群鸟儿。我把一片面包屑放在一根手指上，立刻就有一只山雀飞过来把它叼走。过了一会儿，这只小精灵便直接停在我的手臂上，吃我手里拿着的面包。

黑顶山雀也许不是鸟界中最聪明的。它身躯较小，毛茸茸、圆滚滚的样子十分可爱，有着俊俏的灰色羽毛和帅气的黑色头顶，鸟喙很短，头部大得像外星人ET。它不像莺或绿鹃那般修长优雅，也不像乌鸦那样精明傲慢。黑顶山雀最为人称道的是它积极的觅食态度和惊人的飞行技巧。正如鸟类学家爱德华·豪·福布什[4]所言：“我曾经见过一只山雀为了抓一只昆虫，在一根树枝上后空翻，抓住虫子，接着又39在空中翻了一个跟头，落回到倾斜的树干上，恢复先前的姿态。”

但山雀可不只是活泼灵巧，它也有着很高的天赋：好奇、聪明、善于抓住各种机会、记忆力优秀，福布什形容它是“令人赞叹不已的鸟类杰作”。在勒菲弗的鸟类智商测量表上，山雀科的鸟类和啄木鸟一样聪明。

最近，科学家们在分析山雀尖细的哨声、复杂的鸣叫（“fee-bees”，“zees”，“dee-dee-dee”），以及咝咝声（“stheep”）之后，宣称它们的叫声是最复杂、最严密的陆生动物沟通系统之一。克里斯·坦普尔顿和他的同事发现，山雀的叫声便是它们的语言，有其独特的语法，这种语法能够形成无数类型的叫声。它们会用几种特定的叫声，告诉同伴自己所处的位置，或者报告哪里有好吃的东西。此外，它们也会用另外几种叫声警告同伴捕食者来了，并告知捕食者的种类和威胁程度。轻柔而高频的“seet”声，以及尖锐的“si-si-si”声，表明捕食者是飞行中的鸟［例如伯劳或纹腹鹰（*Accipiter striatus*）］。它们标志

性的“*chickadee-dee-dee*”的声音，则意味着捕食者静止不动，例如一只栖息在树梢的猛禽，或躲在上方枝干上的东美角鸮。那听起来像打水漂一般的“dee”声，重复的次数代表捕食者的体形（即危险的程度）。“dee”声越多，表明捕食者的体形越小，也更加危险。这听起来似乎有些违反直觉，但小而敏捷、行动自如的捕食者，其实比大型而笨重的捕食者更具威胁性。因此一只鸺鹠可能会引发四声“dee”，而一只美洲雕鸮（*Bubo virginianus*）可能只会引发两声“dee”。这类叫声的目的都是请求支援，要求其他鸟类根据威胁程度集结，以便骚扰或者围攻捕食者。由于山雀的叫声传递的信息十分可靠，其他鸟种也会留意它们发出的警告。

知道这件事以后，当我走在树林里时，山雀发出的“dee”声对我而言就有了不同的意义。我想它们或许正在评估我，看我的体形有多大，是否具有危险性。

但它们可能把我当成一个笨拙的伐木工人，虽然有着庞大的身躯，却不构成威胁。因为我的存在几乎没有在它们的对话中激起一丝涟漪。

山雀通常并不怕人。它们就像巴巴多斯牛雀一样，十分好奇而大胆，有一种“根深蒂固的自信”，会研究自己领地内的所有事物，其中[40]包括人类。到了狩猎季，它们会据守在猎人的小屋附近，以便啄食猎人丢在卡车车厢里的动物尸体上的脂肪。它们通常是最先光临喂食器的鸟类，甚至会直接飞到人的手上进食（正如我在树林里体验到的那样）。和巴巴多斯牛雀一样，山雀很擅长发现并利用新的食物来源。有一次，坦普尔顿看到一只山雀飞到了悬挂着的蜂鸟喂食器上吃花蜜。到了冬季，山雀会吃蜜蜂、栖息的蝙蝠、树的汁液和死鱼。

20世纪70年代，美国西部引进了瘿蜂，以遏制入侵物种斑点矢车菊的迅速蔓延。山雀抓住了这一新机遇。坦普尔顿发现它们很快就学会辨别哪些矢车菊果序里有大量的瘿蜂幼虫（这是营养极其丰富的食物）。而且它们几乎不费时间在植物上方盘旋，而是在飞行时依靠一些我们不知道的隐秘线索做出判断，并且几乎每次都能找到包含最多瘿蜂幼虫的果序，然后把整个果序叼走，带回树上，把幼虫挖出来吃掉。

坦普尔顿为之震惊，写道：“山雀在没怎么花时间打量果序的情况下，便能够做出如此正确的决定，这太了不起了。”同样令人印象深刻的是它们学会利用全新的食物来源的速度，毕竟这些寄居在斑点矢车菊上的瘿蜂不久前才出现在山雀的栖息地内。

除此以外，山雀的记忆力也非常惊人。它们会把种子和其他食物藏在几千个不同的地点，以供来日享用，并且6个月之后，仍然清楚地记得什么食物放在哪里。

山雀做到这一切，依靠的只是约为豌豆2倍大小的脑袋。

不久以前，我在家附近茂盛的松树林中发现了一只山雀的头骨。泛白的头骨很轻盈，可以轻易地放在手掌里，好似一块超薄的蛋壳。头骨是由球状的眼窝和尖细如针的鸟喙组成。头骨的背后是两个形[41]状相同的窟窿，看起来像是由半透明的骨头吹成的泡泡，这就是山雀生前大脑的位置。山雀体重约为11克或12克，大脑只有0.6克或0.7克重。在如此小的脑袋里，是如何完成如此复杂的心智活动的呢？

显然大小并不是衡量大脑的唯一标准。长久以来，人们一直误以为鸟类的脑袋很小。事实正好相反，许多鸟类的脑袋相较于身体而言还是挺大的。尽管鸟类和人类的演化路径完全独立，但两者都演化出了相对较大的脑袋。

鸟类的大脑各不相同，小的如古巴翠蜂鸟（*Chlorostilbon ricordii*），只有0.13克，大的如帝企鹅（*Aptenodytes forsteri*），有46.19克。如果和巨头鲸7800克的大脑相比，鸟类的大脑很渺小；但如果和体形差不多的动物相比，鸟类的大脑可一点都不小。矮脚鸡的体形和蜥蜴差不多，但前者的大脑重量是后者的10倍左右。如果从大脑和身体的比例来看，鸟类其实更接近哺乳动物。

人类的大脑平均重量约为3磅（约1360克），平均体重大约是140磅（约63.5千克）。狼和羊的体重与人类差不多，但它们的大脑的重量只有人类的七分之一。新喀鸦就像人类一样，是动物中的特例。它们的体重只有0.5磅（约227克）多一点，但大脑却重达7.5克，和小型猿猴（例如狨猴或者小绢猴）的大脑差不多大，比起丛猴的大脑更是大了50%，而上述动物的体形都和新喀鸦差不多。

而山雀的大脑又有多大呢？和其他体重相近的鸟类相比（例如鹟和燕子），它的大脑是这些鸟的2倍大小。

如果从这个角度来看，许多种鸟类的大脑相对它们的体形而言都大得惊人，就像人类的大脑一样。科学家把这种现象称为“超膨胀”大脑。

过去几个世纪以来，我们一直都认为鸟类缩小大脑的体积是有原因的。因为只有这样，白尾鹞（*Circus cyaneus*）才能在天空中兜着大

42圈子盘旋，烟囱雨燕（*Chaetura pelagica*）才能一辈子飞个不停，山雀才能在不到30毫秒的时间内转向。

大脑组织很重，而且十分耗能，其能耗仅次于心脏。神经元虽然较小，但制造和维持其运转要耗费大量的能量。就体积而言，大脑消耗掉的能量大约是其他细胞的10倍。所以我们才认为鸟类的大脑会在自然演化的过程中变得越来越小彼得马修森。[5]曾经写道：“我们都认为鸟类的飞行能力是它们最了不起的成就，但讽刺的是，这样的演化也让鸟类在智力上远远落后于哺乳动物。”我们以为鸟类不是靠智慧解决问题，而是以飞行的方式回避问题。

飞行的确会消耗大量能量。鸽子大小的鸟在飞行时所耗的能量大约是休息时的10倍。而诸如雀科的小型鸟类在短途飞行时由于需要频繁振翅，其消耗的能量几乎是休息时的30倍。（相较而言，鸭子之类的水鸟在游泳时消耗的能量仅为休息时的3到4倍。）为了满足飞行的需要，鸟类的骨架已经演化得既轻盈又坚固，从而大大减轻了体重。一些骨头已经融为一体，乃至消失不见了。原本较重、牙齿较多的嘴已经被更加轻巧的喙（成分主要是角蛋白）取代。其他骨骼——例如翼骨——则有气腔，内部只有类似支柱的骨小梁，其余的地方都是中空的（骨小梁可以强化头骨，避免后者弯曲变形）。只有位于必要部位的骨骼，例如腿骨和位于深处、用来固定翅膀的实心胸骨才比较密实，甚至比体形相近的哺乳动物更加密实。（鸟类往下拍打翅膀的力道大得足够使比自己重1倍的身体上升。）生物学家在检测鸟类体内和骨骼系统有关的基因时，发现鸟类拥有的骨骼重造以及骨质再吸收的基因是哺乳动物的2倍。鸟类的骨头大多是中空的，而且骨质很薄，但却出奇地坚硬牢固。这样矛盾的现象有时令人颇为不解，其中一个例子是，一只军舰鸟的翼展达7英尺（约2.1米），但它的骨架却比羽毛还轻。

43在演化的过程中，鸟类体内一些不必要的部位也被简化淘汰了。膀胱就是其中之一，肝脏缩小到只有0.5克。鸟的心脏和人类一样，有4个腔室，分成左右两侧，但是非常小，心跳也比人类快得多（黑顶山雀的心跳大约每分钟500到1000次，人类平均只有78次）。它们的呼吸系统也很特别。就比例而言，它们的呼吸系统比哺乳动物更大（鸟类的呼吸系统是自身体积的五分之一，哺乳动物是二十分之一），效率高得多。鸟类的肺部位于它们那坚硬的、无法伸缩的躯体内，大小固定，空气直接从肺部流过（哺乳动物的身体则是有弹性的，肺部能够扩张和收缩），并且连接到一个由许多气囊所组成的复杂网络（该网络负责在肺部之外储存空气）。此外，雌鸟只有1个卵巢，位于身体的左侧，右侧的卵巢在演化过程中消失了。鸟类和大多

数爬行类动物不同，只有在繁殖季，它们的生殖器官才会变大变重。大多数时候，鸟类的睾丸、卵巢和输卵管小得几乎看不见。

除此以外，鸟类的基因组也非常精简，这可能是为了提高飞行能力而演化的结果。在所有的羊膜动物（即在陆地上产卵的动物，包括爬行类和哺乳类）中，鸟类的基因组是最少的。哺乳动物的基因组一般有10亿到80亿个碱基对，但鸟类只有10亿个左右。这是由于在鸟类的碱基对里，重复的元素比较少，而且有很多DNA（脱氧核糖核酸）在演化过程中被抹去了（即所谓的“基因缺失”）。较为精简的基因组，或许让鸟类得以更加迅速地调节基因，以便满足飞行的需要。

鸟类的构造之所以如此精简，乃是演化的结果，而这一了不起的演化过程从鸟类的祖先——恐龙的时代就开始了。

托马斯·赫胥黎最早发觉现代鸟类是由恐龙演化而成的（这一点让公众越发觉得鸟类很愚蠢）。赫胥黎的外号是“达尔文的斗牛犬”，据他的学生H.G.威尔斯所说，赫胥黎是一个“脸色发黄的老人，长着一张国字脸，棕色的双眼小而明亮”。他见过的恐龙化石虽然不多，但[44]他发现这些化石具有鸟类的特征，而当时刚发现的有着1.5亿年历史的始祖鸟化石，却有着恐龙的特征。事实上，赫胥黎在文章中写道：“如果我们能把孵化了一半的鸡的整个后半部，从髂骨到脚趾的部位放大，骨质化再变成化石以后，我们就能看到爬行类变成鸟类的最后一步，因为这些特征表明它们和恐龙有密切的关联。”

赫胥黎说得一点不错。鸟类是在1.5亿年前到1.6亿年前的侏罗纪从恐龙演化而来的。事实上，爱丁堡大学的古生物学家斯蒂芬·布鲁萨特指出：“我们发现恐龙和鸟类之间并没有明显的差异。恐龙并非在一夜之间就变成鸟，而是先有鸟的体形，而后在1亿年的演化过程中逐渐有了其他部分。”

我们很容易在鸟类的身上看到爬行类的特征，包括它们那又圆又亮的小眼睛和猛然前进的动作，以及马来犀鸟（*Buceros rhinoceros*）那有如翼手龙一般的翅膀，还有歌鸲抬头凝神聆听周遭的动静时那有如蜥蜴一般毫无表情的面部。此外，大蓝鹭（*Ardea herodias*）缓慢而费力的拍动翅膀的动作、弯曲灵巧的脖子以及粗哑的嘎嘎声，也令人想起古时生活在潟湖地区的恐龙。但像恐龙这样的庞然大物怎么可能演化成体形迷你、动作迅捷有如闪电的山雀呢？这实在令人难以想象。

在中国东北部一个偏远的角落里，有一片土地说明了这样的转变是如何发生的。这个地区在白垩纪初期被火山灰烬所覆盖，形成了后

来辽宁、河北和内蒙古境内含有许多化石的热河群岩层。

将近20年前，我来到辽宁省一个名叫四合屯的小村庄附近的一处化石遗址。当时那里的村民才刚开始挖掘那些有如千层糕般的岩层。地上到处都是化石，包括古代的鱼、淡水的甲壳动物和蜉蝣的幼[45]虫。这些化石个个都被嵌在又薄又脆的粉砂岩板上。我之所以来到此地，是为了记录1年前一位喜欢搜集化石的农夫在探索一处峭壁的岩层时所发现的东西。那是一个被嵌在岩石里的小型生物的化石。它的头往后仰、尾巴僵硬地往上翘，呈现典型的死亡姿势，看起来像一只大蜥蜴。它身长大约1英尺（约30厘米），有两只脚，但最特别的是，它的背脊上有一缕类似头发、由构造简单的细丝所形成的鬃毛。

这是一只兽脚类的恐龙，名叫“中华龙鸟”（*Sinosauropteryx*），是鸟类与恐龙之间的一个关键性环节。（所谓的“兽脚类”恐龙指的是一群双足恐龙，体形有大有小，大的如暴龙和恐爪龙，小的如只有1英尺高的伤齿龙。）我看着一位摄影师为这块小小的恐龙化石照相。为了清楚呈现那些被嵌在岩石里的纤细的原始羽毛，他那天足足花了10小时的时间拍照。看到那只恐龙的尾巴上长出了黑色的细丝是很令人震撼的一件事。那是最原始的羽毛。

在此之前羽毛一直被认为是现代鸟类才具备的特征之一，但这些古代的热河群岩层化石改变了这个观念。近20年来，考古学家们从这处岩层中挖掘出许许多多的恐龙化石，年代大约在距今1.2亿到1.3亿年之间。这些恐龙有着各式各样的羽毛——从原始的细毛或鬃毛到完全成熟的飞羽。在那段时期，有一种长有羽毛的恐龙颇为常见，那便是近鸟类恐龙（其中包括因电影《侏罗纪公园》而闻名的迅猛龙）。当时它们已经在尝试各式各样的飞行模式，例如滑翔、像跳伞般降落、从一棵树跳到另一棵树等。其中一些成功地升空，从此鸟类便诞生了。

恐龙之所以会变成山雀和鹭，部分原因是体形不断地缩小。这种有点像是《爱丽丝漫游奇境》的过程叫作持续小型化现象。在2亿多年前，为了适应各种新的生态环境，恐龙开始迅速发展出各式各样、大小不一的体形，但只有后来变成鸟类的那一支持续这种快速的转变。在5000万年的时光中，兽脚类恐龙的身体不断缩小，从163千克变成不到1千克，几乎所有的部位都变小了。在身体变得又小又轻之后，它[46]们便可以试着寻找新的食物来源，并且通过爬树、滑翔和飞行等方式避开捕食者，它们为了适应环境而改变的速度比其他恐龙快上许多。它们有着小巧的身体、灵活的演化策略和若干前所未见的改变（发达的羽毛使得它们能够有效地保温，飞行的能力使它们可以扩大觅食的范围）。也许就是这些因素使鸟类能够在地球环境发生巨变

时生存下来（它们的许多恐龙近亲都在这场浩劫中灭绝了），并且演化成地球上最兴盛的陆栖脊椎动物。

然而鸟类的大脑是否也缩小了呢？

并不尽然。那些演化成鸟类的恐龙在尚未发展出飞行能力时，就已经有了所谓的“超膨胀”大脑。当时，由于它们的大脑已经变大，而且为了避免在树林里跳来跳去时撞到树，它们必须拥有良好的视力，因此大脑里的视觉中枢就跟着变大了，从而眼睛也变得更大。它们大脑里处理声音和动作协调性的区域也是如此。为了开拓新的生态位，并且避开捕食者，鸟类的神经和肌肉系统必须有着高度的协调性，因此它们的大脑便逐渐演化。换句话说，在它们还没有变成鸟之前，就已经有了鸟类的大脑，正如它们在没有变成鸟之前就已经有了羽毛一样。

一种生物，怎么可能在身体其他部位都缩小时，仍旧保持着一颗大脑袋呢？鸟类解决这个问题的方法和人类一样，那就是保持婴儿般的头和脸。这种演化过程被称为幼体发育，也就是生物朝着“让自己即便在成熟后仍保持着幼年的特征”的方向演化。

不久前，一个国际性的科研团队比较了鸟类、兽脚类恐龙和鳄鱼的头骨，结果发现大多数恐龙和鳄鱼的头骨形状会随着年纪而改变。“幼年期的非鸟类恐龙在向成年过渡时，口鼻和脸部会变大，但它们大脑变大的幅度就小得多。”该团队的成员之一—哈佛大学的阿克哈特阿布扎诺夫指出“蜥脚类和剑龙类就是很典型的例子。和庞大的身躯相比，它们的脑袋显得小得多。”相较而言，原始鸟类和现代鸟类[47]在成熟后，头骨仍然维持着幼年时期的形状，留下足够的空间，可以容纳巨大的眼睛和越来越大的大脑。阿布扎诺夫表示：“我们看着鸟类的时候，就像看着幼年期的恐龙。”

我们人类也可能采取了这种类似彼得·潘的成长策略。成年后，我们仍然像灵长类的婴儿一般，有着大脑袋、扁平的脸蛋、较小的下颚以及参差不齐的体毛。这种幼体发育的特征，或许正是我们和鸟类得以发展出更大的大脑的原因。

当然，并非所有的鸟类都有较大的大脑（相较其体形而言）。和其他所有动物一样，鸟类的国度里有智者也有傻瓜。还记得之前做过的比较吗？乌鸦和鹑类的体形相似，但前者的大脑重7到10克，而后者的大脑只有1.9克。此外大斑啄木鸟和鹌鹑同属体形较小的鸟类，前者的大脑有2.7克，而后者的大脑只有0.73克。

鸟类脑子的大小和它们所采取的生殖策略有关。早成鸟（即雏鸟刚生下来时眼睛是睁开的，并且过一两天就能够离巢，这种鸟占所有鸟类的20%）的大脑比晚成鸟更大。后者出生时没有体毛，眼睛看不见，没有能力照顾自己。它们要等到长得像亲鸟一样大、羽翼丰满后才会离巢。早成鸟（例如鸻鹬类）通常一生下来就可以自己生活了。虽然它们出生时脑袋较大，出生后几天就可以自己抓虫子吃，或者跑一小段距离，但之后它们的大脑增长幅度并不大。因此到头来，它们的脑子大小还是比不上晚成鸟。

巢寄生鸟类也是如此。这类鸟［例如杜鹃、黑头鸭（*Heteronetta atricapilla*）、响蜜□］为了减轻哺育下一代的负担，会在其他鸟类的巢穴里产卵。它们的幼鸟把宿主的后代赶走（例如杜鹃）或杀死（例如响蜜□）后不久即离巢。此时，由于它们有足够大的大脑，可以独立生活，但之后它们的大脑就不大会增长了。

为什么巢寄生鸟类的大脑这么小？近年来一直在研究响蜜□大脑的勒菲弗认为，有两种可能的原因。或许它们必须比被寄生的那些鸟更早发育，因此演化出较小的大脑。也可能是因为它们寄生在别的鸟巢里，不大需要耗费精力去养育自己的后代，所以大脑才会变得比[48]较小。勒菲弗指出："人类都知道养育孩子是多么费力的事情。如果我们把自己的孩子丢到黑猩猩的窝里，便可省下很多处理麻烦事的精力。"

晚成鸟占所有鸟类的80%，其中包括山雀、乌鸦、渡鸦、松鸦等。它们刚出生时可能大脑较小，无能为力，但它们的大脑随后便长得很大，这要部分归功于亲鸟的辛勤养育。

换句话说，自己抚养幼雏的鸟类，它们的大脑会发育得比放弃哺育的鸟类更大。

鸟类脑子的大小，也和它们在长出羽毛后待在巢里，向亲鸟学习的时间长短有关。幼年期越长的鸟类，其大脑越大。或许是因为只有这样，它们才能把所有学到的东西都记下来。大多数聪明的动物幼年期都很漫长。

有一年夏天，我通过康奈尔鸟类学实验室安装的网络摄像头，观察5只大蓝鹭在纽约州萨普萨克树林的一座10英亩（约4公顷）的池塘边的枯树上慢慢长大的过程。我曾经见过旅鸫、蓝鸲和鹪鹩在巢中生活的情景，但时间都不长。如今，由于科技的发展，我得以长期深入地观察大蓝鹭幼年时期笨拙的模样和生活习性。

我向来喜欢大蓝鹭，很欣赏它们依靠宽阔的翅膀慢慢飞行的优雅模样，但我从来不知道近距离观察它们的成长，是一件如此令人喜悦赞叹的事情。如同全世界166个国家的50万名爱好者一样，我痴迷于这些优雅的大蓝鹭。

我们的网络聊天室是一个虚拟社区，有一个管理员监督，成员彼此之间的关系颇为紧密。有一个班的学生会在每天早上上学时一起收看，还有一个饱受疼痛折磨的人在推特上表示，观赏这些大蓝鹭减轻了她的困扰。

我们一起看着这些雏鸟在4月底从蛋里孵出来，然后睡眼惺忪、49柔弱无助地蜷缩在亲鸟的羽翼下，躲过暴风雨和猫头鹰的攻击，大口吃着亲鸟反刍过的鱼，吃饱后便昏昏欲睡，而且看到什么东西就想去啄，无论是小树枝、摄影机、昆虫、双亲的鸟喙还是其他雏鸟（为了以后能够又狠又准地抓鱼，这样的练习很有必要）。等到第五只雏鸟（也是最后一只）孵出来，看到它体形显得比其他雏鸟更小，而且不大会争抢食物时，虚拟社区里的人都不禁对它牵肠挂肚起来：

“第五号没有吃到任何东西，真令人担心。”

“第五号的叫声越来越频繁，还时常闹脾气，我担心它吃不饱才这样。”

然后我们的管理员就说：“我看第五号挺好的呀，为何大家总是编造故事，不看好它的表现呢？”

在没有什么好戏可看时，大家就会自己充当编剧。

“第五号让我想起《推销员之死》这部戏剧里面的邻家男孩。在第一幕时他还只是一个笨头笨脑的书呆子，到了第二幕就成了一个成功的律师，在最高法院出庭。”

到了晚上，我会观察那些大蓝鹭睡觉。有些鸟可以长时间不用睡觉，例如斑胸滨鹬（*Calidris melanotos*）。这种鸟在北极夏天极昼的情况下，可以不停地活动，连续好几个星期都不睡觉。但大多数鸟类（包括苍鹭在内）似乎都像人类一样，需要固定的睡眠。而且就像人类一样，睡眠对它们发育中的大脑非常重要。

鸟类睡眠时也像人类一样，有着慢波睡眠和快速眼动睡眠。科学家相信：鸟类和人类的大脑之所以能长这么大，睡眠时的脑部活动模式扮演了一个关键性的角色。鸟类在一次睡眠中会经历上百次快速50

眼动期，但每一次很少超过10秒；人类每晚睡眠会经历好几次快速眼动期，每次大约10分钟到1小时。对哺乳动物和鸟类而言，快速眼动期的睡眠可能对脑部的早期发育更为重要。新生的哺乳动物（例如小猫）的快速眼动期睡眠，比成年动物多得多。人类的婴儿在睡眠时，可能有高达一半的时间处于快速眼动期，而成人只有20%的时间处于快速眼动期。研究结果还显示，幼年猫头鹰的快速眼动期睡眠比成年后的时间更长。

或许那些大蓝鹭的幼鸟也是如此。鸟类的慢波睡眠期出现的次数和醒着的时间成正比，这一点和人类相同。此外，鸟类也和人类一样，在清醒时使用较多的大脑区域，在之后的睡眠中会睡得比较深沉。这也是趋同演化的结果。这一事实由德国马普学会鸟类学研究所的尼尔斯·拉腾伯格领导的国际研究小组发现。该研究利用了鸟类的一种特殊能力，即鸟类能够控制自己的睡眠状态。它们会睁开一只眼睛，只让一半的大脑进入慢波睡眠状态，另一半的大脑则仍然清醒（这是人类无法做到的）。这么做的目的，想必是要在睡眠中注意到捕食者的侵袭（在4月一个昏暗的清晨，那几只大蓝鹭在睡觉时遭遇到一只美洲雕鸮袭击，此时这种能力就很有用了），也可能是需要在一边飞行一边睡觉的情况下辨识方向。于是研究小组为几只鸽子搭建了一座电影院，然后把每只鸽子的一只眼睛蒙住，让它们只用一只眼睛观看大卫·爱登堡的纪录片《飞禽传》，8小时以后再让它们睡觉。此时观察它们的大脑活动，我们会发现脑内和受到刺激的眼睛相连的视觉处理区域，出现了比较深沉的慢波睡眠状态。

拉腾伯格指出，人类和鸟类都有这种大脑局部受到影响的现象，这显示慢波睡眠可能有助于大脑维持在最佳的运作状态。他表示：[51]“总的来说，哺乳动物和鸟类都具有慢波睡眠模式，这表明二者之所以能够演化出大而复杂的大脑，或许和这种睡眠模式有关。”

我喜欢这个概念：人类和鸟类虽然如此不同，但在大自然力量的影响下，却发展出同样的睡眠模式，以至于后来都演化出了较大的大脑。

每天早上观看那几只大蓝鹭醒来，就像是在阅读一部很棒的成长小说，而且每天都有新的篇章。到了5月和6月，幼鸟的羽毛逐渐丰满，并且开始笨拙地在巢里走来走去。双亲忙着喂饱幼鸟迅速成长的身体［幼雏出生时只有2.5盎司（约71克），7周后就长到了5磅（约2.27千克）重］。逐渐地，这些大蓝鹭幼鸟就像被父母背在背上的婴儿一般，开始留意周遭的动静：飞机、鹅、蜜蜂，以及它们的双亲在池塘里觅食，掂量着要从哪一个角度下手的模样。羽翼丰满后，它们便开始跳起来学习飞行，之后便试着从鸟巢往下跳。（它们第一次这

么做的时候在网络聊天室里引起了一阵骚动：“第四号小鸟看起来像是在练习高空跳水的小孩，正在鼓起勇气往下跳。”“我完全被迷住了。”）然后，它们开始尝试在池塘的浅水处猎食。尽管行动多半以失败收场，但它们仍然坚持不懈，一直到夜色降临才回到巢里。这段时期，它们的双亲始终密切地注意着它们的一举一动。回巢时，双亲会在那里迎接它们，并拿青蛙和鱼给它们吃，以补充营养。

这种生活方式和早熟的鸻鸟相映成趣，后者从蛋里孵出来之后，几乎羽毛一干就开始站起来跑跳。这种差异乃是取舍的问题，就看你要选择一出生就能完全独立运作，还是宁可在长大后具有较强的脑力。

除此以外，鸟类为了迁徙，也必须牺牲一部分的脑容量。候鸟的大脑比留鸟小，这自有其中的原因。因为大脑如果消耗太多的能量并且发育得太慢，对一只经常要旅行的候鸟而言并不划算。此外，根据在西班牙的生态学与林学应用研究中心工作的丹尼尔·索尔的说法，[52]

候鸟必须往返于截然不同的栖息地，因此对它们来说，先天的、与生俱来的本能行为，或许比经过学习而得到的创新性行为更有用。它们不用花太多精力搜集某个地方的信息，因为一旦这些信息到了另外一个地方后，或许就派不上用场了。

令人意外的是，即便是同一种鸟类，它们的大脑（至少是脑内的特定部位）可能也不一样。内华达大学的弗拉迪米尔·普拉沃苏多夫和他的团队比较了10个地方的山雀，结果发现住在气候较严苛的地区（如阿拉斯加、明尼苏达和缅因州）的山雀脑内的海马体（脑内掌管空间学习和记忆的部分），比那些住在艾奥瓦州或堪萨斯州的山雀更大，里面的神经元也比较多。那些出没于美国西部山脉的北美白眉山雀（*Poecile gambeli*）——黑顶山雀强悍的“小兄弟”——也是如此。生活在高海拔地区（气候较冷、较常下雪）的北美白眉山雀大脑内的海马体比那些住在低海拔地区的同类更大。举例来说，那些住在内华达山脉最高峰的北美白眉山雀脑内海马体的神经元数量，比那些住在650码（约594米）之下的同类多了将近1倍，解决问题的能力也更强。这也难怪，由于高海拔地区天气寒冷的时间比较长，因此那里的鸟必须储存更多的种子并且记住储存的地点。但在气候较温和的地区，由于食物终年充足，那里的鸟自然不需要这么做。

姑且不说脑子的大小，这些有着分散贮藏习性的鸟真正令人瞩目的地方，在于它们脑内的海马体会定期长出新的神经元，以加入（或取代）旧的神经元。至于它们为何会出现这种“神经发生”的现象，目前仍然是个谜。或许是因为这样可以让鸟类在必须学习新的信息时，

有新的神经元可用。也或许这个现象有助于防止新的记忆干扰旧的记忆。诚如普拉沃苏多夫所言，山雀“每天都要储存食物，再把这些食物挖出来，并且重新埋藏，尤其在冬天的时候。因此，它们必须记住旧的和新的埋藏地点”。根据“防止干扰”的概念，鸟类在记忆不同的贮藏地点时可能需要用到不同的神经元，以便将旧的事件与新的事件做个区别。普拉沃苏多夫的研究已经证明，山雀由于居住在气候严苛地[53]区，不得不贮藏更多的食物，因此会长出较多新的神经元。

无论如何，这个“神经发生”的现象已经使我们对脊椎动物（包括人类在内）的大脑产生了不同的看法。长久以来，科学家一直相信，我们出生时有多少脑细胞，长大后就有多少。但这并非事实，人脑的海马体也会长出新的细胞，有些旧的细胞则会死亡。普拉沃苏多夫表示，现在我们已经明白，神经元改变并再生的能力以及神经元之间的连接，“使得大脑有能力自我修正，可以在每一毫秒、每一分钟或每个星期学习新的事物”。这种可塑性或许可以使得像山雀这样必须贮藏食物的鸟类，能够用有限的脑容量来适应严苛的生存环境对它们的心智所造成的挑战。

科学家们过去一直认为脊椎动物（如鸟类和哺乳动物）的脑部越大越聪明，但这种观念终于被巴西的神经科学家苏珊娜·埃尔库拉诺—乌泽尔所率领的研究小组推翻。他们用一种简单而巧妙的新方法评估智力。2014年时，他们计算了11种鹦鹉和14种鸣禽的脑内神经元和其他细胞的数量。埃尔库拉诺—乌泽尔说，鸟类的脑子虽小，但“里面的神经元数量多得惊人，其密度至少和灵长类很接近。鸦科和鹦鹉的神经元更多”。

神经元所在的位置很重要。埃尔库拉诺—乌泽尔指出，大象脑内的神经元数目是人脑的3倍（它们有2570亿个神经元，而我们平均只有860亿个），但其中98%都位于它们的小脑内［这个区域可能是负责控制它们那重达200磅（约91千克），并且有着精细的感知能力和行动能力的附肢］。但另外一方面，大象的大脑皮质虽然是人类的2倍大，里面的神经元数量却只有我们的三分之一。埃尔库拉诺—乌泽尔认[54]为，这表明了决定认知能力高低的并非整个大脑中的神经元数量，而是大脑皮层（就鸟类而言，则是它们脑内相当于我们的皮层的部分）内的神经元数目。举例来说，埃尔库拉诺—乌泽尔和她的团队发现金刚鹦鹉脑内的神经元有将近80%都位于脑内类似皮层的部分，只有20%位于小脑。该比例和大多数哺乳动物刚好相反。

简而言之，埃尔库拉诺—乌泽尔等人认为，鹦鹉和鸣禽（尤其是鸦科动物）的大脑中相当于皮层的部分有大量的神经元，表明它们有“很强的计算能力”。这或许可以说明这几个科的鸟为何能够展现出

如此复杂的行为和认知能力。

事实上，鸟类的头脑此前之所以名声不佳，不光是因为它们的大小，也是因为它们的构造。一般认为鸟类的大脑很原始，勉强比爬行类复杂一些。已研究鸟类大脑半个世纪的加州大学圣地亚哥分校神经科学家哈维·卡滕表示："人们都把鸟类视为会动的可爱玩具，只会做一些刻板的动作。"

这种解剖学上的错误认识，源自19世纪末被誉为"比较解剖学之父"的德国神经生物学家——路德维希·埃丁格的看法。他相信演化的过程是一条直线，而且始终向更高级演化。他就像亚里士多德一样，把生物按等级排成一个"自然阶梯"，最下面的是进化程度最低的鱼类和爬行类，进化程度越高的动物排名越靠上，而位于顶点的无疑是人类。在这个阶梯上，每一个等级的生物都比下一级更优秀。在他看来，大脑的演化过程也是阶梯式的。原始的大脑上面叠加了新的部分之后，就变得越来越复杂。从低等动物到高等动物，大脑就像地层一样层层往上堆叠，越往上的部分越聪明。同时，越高等的动物，它们的大脑也越大、越复杂。鱼类和两栖类的大脑最原始。最复杂、最聪明的则是位于演化阶梯顶点的人类大脑。

他认为，底层的旧脑里的神经元是一簇一簇的，负责本能的行为
55（例如进食、性行为、生育后代、保持动作协调等）。上层的新脑则是由6层细胞组成。这6层细胞把旧脑包裹住，是行使高等智力的地方。人类的大脑由于这部分太大太复杂，只好变得弯弯曲曲、充满沟壑，这样才能装进头骨里。

大脑最上层新添加的部分便是高等思维发生的地方。埃丁格认为，鸟类缺乏产生复杂行为必备的部分。它们的大脑里没有上面那层弯曲折叠的部分，只有平滑的"下层脑"，几乎完全是由象征着古老而低等的爬行类的一簇簇神经元组成。因此鸟类基本上只有本能（内建的、反射性的行为），不具备高等的智力。

埃丁格为这些构造取的名字，反映了他的错误认识。他用paleo-（最老的）和archi-（古老的）前缀为这两个鸟脑的构造命名，用neo-（新的）这个前缀为哺乳动物大脑中的部分构造命名。鸟类的旧脑因此被称为*paleoencephalon*，即现在的"基底核"，而*neoencephalon*则是现在的"新皮层"。这种称呼暗示鸟类的大脑比哺乳动物的原始，从而使人们很大程度上轻视了鸟类的心智能力。而这便是语言文字的力量。人类喜欢给事物命名，而所取的名称，往往会影响我们对事物的看法，以及我们认为值得做的实验。这也使得科学界长期缺乏从事有关鸟类学习行为方面的智力研究的兴趣。

这是一个新的三段式推论：

- 新皮层是智力所在。
- 鸟类没有新皮层。
- 因此，鸟类智商很低，甚至根本谈不上有智商。

埃丁格的观念流行了100多年，一直到20世纪90年代为止。到[56]了60年代末期，哈维·卡滕等科学家开始深入研究鸟类和哺乳动物的大脑。他和研究团队仔细研究不同动物大脑里的细胞、细胞回路、分子、基因，比较其中的异同。此外，他们也检视了胚胎发育的情况，了解大脑不同区域的发育顺序，并探究神经元的连接方式。

他们的研究成果完全颠覆了埃丁格的理念。原来鸟类的大脑并非原始的、不发达的。它们已经脱离哺乳动物，独自演化了3亿年以上，因此它们的大脑看起来和哺乳动物不一样。事实上，鸟类的大脑也有类似皮质的复杂神经系统，所以它们能够做出复杂的行为。在鸟类学中，该系统被称为背侧室嵴（简称DVR），它和哺乳动物的皮质一样，都是源自胚胎脑部发育过程中一个叫作大脑皮层（在拉丁语中意为“大披肩”）的地方，之后才逐渐成熟，形成和哺乳动物的大脑皮质结构完全不同的组织。

与此同时，科学家们做的实验也相继证实鸟类的确能够做出复杂的行为。例如鸽子擅长区分有人的图片和无人的图片，无论图片里的人是否穿了衣服；非洲灰鹦鹉擅长把数字相加，给物品分类；有几种鸦科的鸟类能够记住其他鸟隐藏食物的地点。

然而，尽管有了这些突破，人们对鸟类的大脑仍然存在偏见。其中一个原因便是埃丁格为鸟类大脑区域所取的错误名称。

到了2004年和2005年时，总算有人出来为鸟类大脑正名。当时，由29位神经解剖学家组成的国际研究团队，在两位神经生物学家——杜克大学的埃里希·贾维斯和田纳西大学的安东·赖纳的领导下，发表了一系列的论文，彻底推翻了埃丁格的论点，并改写了他为大脑各个区域所取的那些不合时宜的名称。（这是一件非常困难的事情。据一位参与此事的有关人士形容，要让这些鸟类专家建立共识，简直就像是让一群猫走在一起一样困难。）这个鸟类大脑命名委员会不仅为[57]鸟脑的各个部位取了更通俗易懂的名称，还说明了这些部位相当于哺乳动物大脑中的哪些区域，从而让鸟类生物学家能够和哺乳动物生物学家谈论这两类生物极为相似的大脑区域。

贾维斯指出：“我们的前脑大约有75%是皮质。鸟类也是如此，尤其是那些鸣禽和鹦鹉。它们的‘皮质’和我们一样多，只不过结构和我们的不同。”哺乳动物的新皮质中的神经细胞分成6层，层层相叠，就像甲板一样，而鸟脑中类似皮质的组织是一簇一簇的，就像蒜瓣一样。但这些细胞基本上和哺乳动物并没有什么不同，也能够快速并重复放电，而且它们运作的方式也同样复杂、灵活，而且懂得变通。此外，它们用来传递信号的神经递质也和哺乳动物相同。但最重要的一点也许是：鸟类大脑中的神经回路（连接大脑中不同区域的路径）和哺乳动物的大脑相同，而实验表明，这样的神经回路是产生复杂行为的必要条件。事实上，真正决定智力高低的是脑细胞之间的连接方式。从这方面来看，鸟类大脑和人脑并没有太大的差异。

家艾琳·佩珀伯格用电脑类比二者之间的差异。她说，哺乳动物的大脑就像是PC（个人计算机），而鸟类大脑就像苹果电脑，二者处理信息的方式不同，但结果类似。

贾维斯指出，重点在于产生复杂行为的方式并非只有一种，“哺乳动物有那些属于它们的方式，鸟类也有属于自己的方式”。

以工作记忆为例（这是那只名叫007的新喀鸦在解决八步谜题的挑战中所展现的认知能力之一），这种记忆又被称为暂存式记忆，指的是在解决一个问题时能够暂时记住一些事情的能力。正是因为有了这种记忆力，我们才能在打电话时记住电话号码，007也才能在完成诸多步骤的同时，记住自己的最终目标。

[58]鸟类和人类使用工作记忆的方式似乎非常相像。在人脑中，工作记忆发生于那一层层的皮质。但鸟类并没有分层的皮质，那么乌鸦的大脑该如何储存这些临时信息呢？

为了找到答案，德国图宾根大学神经生物学研究所的安德烈亚斯·尼德和他领导的研究小组，教导四只小嘴乌鸦（*Corvus corone*）玩一种配对的游戏（这是一种考验记忆的游戏，玩家必须在心中记住某张图片，并找出另外一张一模一样的图片）。他们让这些乌鸦看一张随机选出的图片，并要求它们从四张图片中挑出一张与之相同的（因此这些乌鸦必须记住这些图片1秒钟），找到后就用它们的喙轻轻地敲一下那张图片。回答正确的乌鸦，可以得到一只面包虫或一颗饲料。当这些乌鸦在答题时，研究人员便观察它们的脑内电波。

结果这些乌鸦表现出众，轻而易举地完成了配对任务，动作十分熟练。那么它们的大脑里发生了什么事情呢？当乌鸦看到最初的图像时，它们脑内的一个叫作弓状皮质尾外侧的区域（相当于灵长类的前

额皮质）有一簇细胞（多达200个）启动了，而当它们在寻找配对图片时，这个部分仍然处于活跃状态。人类之所以能够在执行一项任务时记住相关的信息，也是因为我们有同样的机制。

因此，很显然没有层层叠叠的皮质的大脑也能够产生工作记忆。人类和鸟类“唯一的不同点，仅仅是人脑里有处理语言的部分”，德国波鸿鲁尔大学的神经科学家奥努尔·京蒂尔金表示，“二者的神经产生工作记忆的过程似乎相同”。

至此，鸟类总算得到了人们的尊敬。它们的大脑或许比较小，但心思绝不狭隘。

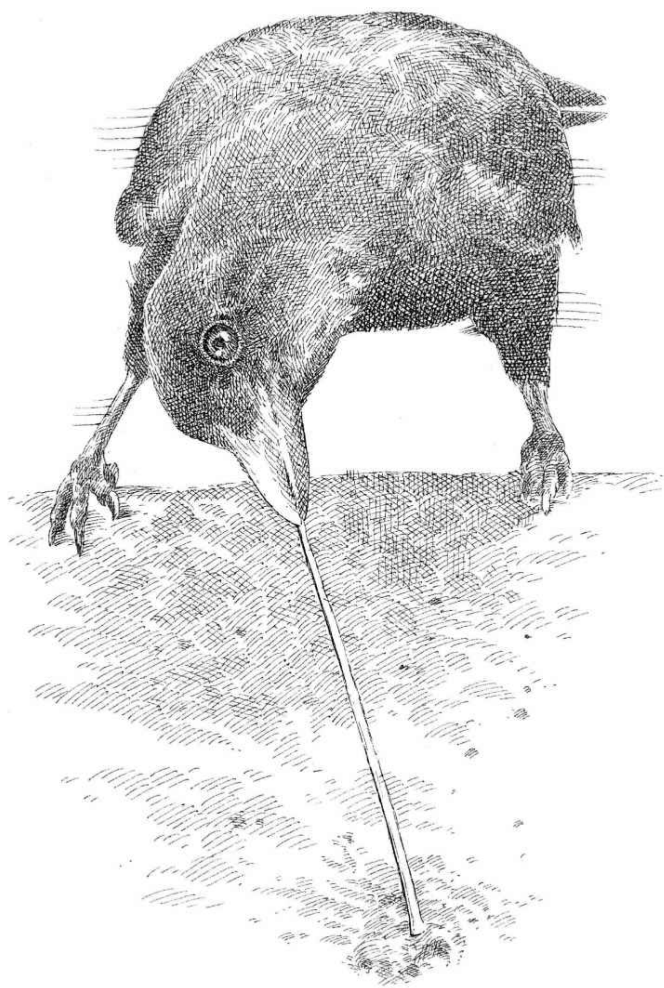
因此，我们要问的也许不是“鸟类是否聪明”，而是“它们究竟为何这么聪明”，尤其是在鸟类有飞行的需求，大脑不能太大的情况下。在演化过程中，是什么因素使得它们如此聪明？

相关的理论很多，但主要有两个。一派观点认为，鸟类大脑之所以变大，认知能力增强，是由于它们必须应对生态环境的挑战，尤其是[59]与觅食有关的问题。例如，它们要如何面对严寒季节的挑战？要如何确保自己一年到头都能找到足够的食物？要如何记住自己把种子藏在了哪里？要如何获得难以取得的食物？一般认为，生活在严酷或者动荡环境中的动物具有较强的认知能力，更善于解决问题，也更愿意探索新的事物。

另一派观点认为，鸟类在社会压力的驱使下，演化出了灵活、聪明的大脑。这些社会压力包括和别的鸟相处、占领地盘及捍卫地盘、应对窃贼、找到配偶、照顾后代、分担责任等。（即便是野生鹮在迁徙途中也会轮流带队飞行，显示它们已经演化出相应的社会认知能力，即它们了解互利互惠的概念，这样全体都能从中获益。）

还有一种理论（最早由达尔文提出）认为，动物的认知能力是物竞天择的结果，也是性选择的产物。挑剔的雌鸟是否决定了某种特定鸟类的智商呢？

我们还未完全找到上述问题的答案，但乌鸦和松鸦、嘲鸫和燕雀、鸽子和麻雀都提供了一些吸引人的线索。[60]



第三章 天生怪才
——鸟类制造工具的奇观

一只名叫阿蓝的鸟有麻烦了。此刻它站在鸟舍里的一张桌子上，旁边放着一根塑胶管，里面塞了一块肉。可惜阿蓝的喙够不到这块肉。阿蓝就像007一样，也是一只新喀鸦，这种鸟以善于制造工具解决问题而著称。

阿蓝打量着眼前的局势，在管子周围跳来跳去，不时转动头部，朝管子里面看看。接着它飞到鸟舍的地板上，把散落在那里的各色物品啄了又啄（包括树叶、小树枝和一两件塑料制品），可惜那里并没有它想要的东西。接着它飞到了桌子上，来到一只罐子旁边，罐子里插着一把杂乱的树枝。阿蓝停下来，抬头左看看，右瞧瞧，思量着有哪些东西可以用。最后，它挑选了一根细小的树枝，把它从主干上折下来，然后又有条不紊地把小树枝的杈子悉数折断，制成一根又直又长、十分趁“口”的棍子。它把这根木棍伸进管子里去戳那块肉，很快便把肉取了出来。

阿蓝干净利落地用树枝制作了一件完美的小工具，这一幕真让人惊叹不已。在野外，新喀鸦能够使用小树枝、树叶边缘和其他材料做出精巧的工具，把藏在倒木树洞里，树皮或叶子背面，叶柄及各种缝63隙、孔洞里的幼虫或昆虫挖出来。新喀鸦还会随身携带这些工具，表明工具在它们眼里很重要；它们如果发现一件工具好用，还会把这件工具留下来以供日后使用。

鸟类怎么会创造出这么好用的工具，而且还能想到重复利用呢？这样的行为可谓离奇。许多动物都能够使用工具，但能做出如此精巧的工具的却很罕见。事实上，据我们所知，地球上只有4个物种能够制作复杂工具以供自己使用，即人类、黑猩猩、红毛猩猩和新喀鸦，而会把自己制作的工具保留下来供日后使用的物种就更少了。

阿蓝的表现也许能够证明一个猜想：鸟类之所以如此聪明，是因为它们必须解决在环境中遇到的问题，尤其是如何从难以接近的地方获取食物。这一猜想叫作科技智能假说。也就是说，生态环境的挑战，会促进鸟类演化出高智商。

在英国俚语中，boffin意思是“科技极客”，指代在某个特殊领域里的奇才。新喀鸦就是其中之一。它使用工具的能力，其他鸟类都比不上，而它制造工具的能力，甚至可以媲美黑猩猩和红毛猩猩这样的灵长类动物。

这样的能力为何重要？会使用、制造工具意味着什么？

以前我们认为，制造和使用工具的能力代表着高智商或复杂的认知能力，就像语言或意识一样，是人类专属的能力。我们认为要使用工具的前提是具备相应的理解力，包括因果推理、理解因果关系等，而这是人类独有的能力，这种能力在人类演化和发展的道路上扮演了重要角色，因此人类变得如此特殊。本杰明·富兰克林把人类称为*Homo faber*，即“制造工具的人”。根据奥克兰大学的亚历克斯·泰勒和罗素·格雷的说法，我们所发明的各类工具“代表着人类的全部历史。石斧、火、衣服、陶器、轮子、纸张、混凝土、弹药、印刷机、汽车、原子弹、互联网等工具的制造，掀起了一次又一次的社会革命，因为每一[64]种发明都改变了人类与环境或他人互动的方式”。

当珍·古道尔发现坦桑尼亚的贡贝国家公园里的黑猩猩也能使用工具后，“只有人类才会使用工具”这种观念就过时了。此后，科学家们又发现红毛猩猩、猕猴、大象，甚至昆虫都会使用工具。雌性地蜂会用上颚咬住一颗小石头捶打地道口的土壤和石块，从而将地道封住。织叶蚁会以自己的幼虫为工具，建造并修补它们那坚固的蚁穴。它们的工蚁会拿着那些吐丝的幼虫来回穿梭，用吐出来的丝把蚁穴里的树叶粘在一起。不过，会使用工具的动物还是非常少见。据文献记载，只有1%。

长期以来，人们一直认为灵长类动物是最擅长使用工具的动物，但在过去的10年里，新喀鸦的表现使得它们有资格挑战这一称号。这是很了不起的成就，尤其是在灵长类动物使用的工具如此繁杂的情况下。就以红毛猩猩来说，它们所需要的工具包括牙签、洁牙器、自慰器、用以抵御捕食者的投掷物、用叶子做的餐巾、用苔藓制成的海绵、用多叶的树枝做成的扇子和勺子、铲子、钩子、清洁指甲的工具和蜜蜂防护器具（用树枝或叶子覆盖在身上以防止蜜蜂叮咬）等。此外，黑猩猩也会巧妙地把三根棒子或竹竿绑在一起做成“钉耙”，用来扒东西，或者把树叶做成盘子，然后再做成水杯。

即便和这些聪明的灵长类动物相比，新喀鸦仍然显得很突出。它们或许无法像黑猩猩或红毛猩猩那样制造并使用如此之多的工具，却能够用许多种不同的材料，精确地制造出长度和直径都符合自己需要的工具，并把工具加以修改，用来解决新的问题。它们也会创新，并

且会依照先后次序使用工具，例如影片中那只解开了八个步骤谜题的007，就会先用一件短的工具取得一件较长的工具，以便用来拿取食物。但最令人印象深刻的是，它们会制造并使用钩状的工具。除了人[65]类之外，它们是唯一能够这么做的动物。

我第一次在野外看到新喀鸦使用工具，是在新喀里多尼亚岛的南部，从福卡罗到法里诺的一条很陡的坡旁边。当地政府不久以前才在这条路的高地上修建了一道精巧的木头护栏，吸引了许多游客从公路前来此处观赏山林美景，以及莫安杜海湾湛蓝的海水。但在4月的一个清晨，那里的鸟儿比游人还多。

亚历克斯·泰勒之所以带我前往那里，是想让我见识那些乌鸦在早晨觅食时把坚果敲开的场景。这些鸟每天的作息很有规律，就像是朝九晚五的上班族：从黎明开始一直到上午（视气温而定），它们会十分活跃。中午时分有一段午休时间。从下午开始，它们又会变得活跃，一直到黄昏为止。

“现在它们正在认真地觅食。”泰勒解释说，“这是一天当中，它们难得愿意冒险的时候。”

果然，我们看到了新喀鸦的四五个家庭在道路下方的灌丛里活动。它们不停地穿梭在枝杈间，小声地叫着“wak-wak”。刚才有人从路边丢了一堆垃圾下去，这时它们在这堆垃圾里挑挑捡捡。

新喀鸦就像老鼠和人类一样，是杂食性动物，喜欢以各种动植物作为食物，包括昆虫及其幼虫、蜗牛、蜥蜴、腐肉、水果、坚果、人类丢弃的剩饭剩菜。此刻，这里可以吃的东西实在太多了，所以这些乌鸦似乎不大可能会费事地把坚果敲开。它们爱吃的坚果来自石栗树（这种树上长有多汁的甲虫幼虫，乌鸦们会用工具把它们挖出来吃掉），颇为坚硬，很难敲开。但没过多久，我们身后的路面便传来一阵刺耳的声[66]音。我们转身一看，好几只乌鸦停在路边的几棵树上。其中一只栖息在悬垂于路面上方的一根枝杈上。只见它把石栗树的栗子扔到了地上，等栗子啪的一声裂开后，便飞下来把碎壳里的果仁叼走。

新喀鸦不仅会用这种方式敲开坚果，有些比较讲究的，还会用同样的办法把蜗牛壳敲开。这种蜗牛（*Placostylus fibratu*）是新喀里多尼亚本地的稀有种类。新喀鸦们会把这种蜗牛砸在雨林里干涸的溪流岩床上，从而吃到里面鲜美的蜗牛肉。

许多鸟类会用类似的方法敲开坚果、贝壳和蛋。加拉帕戈斯群岛

的吸血地雀（*Geospiza septentrionalis*）会用喙抵住地面，再用双脚把巨大的鲣鸟蛋朝着岩石的方向用力踢，让蛋壳裂开，或者让它滚落到悬崖底下。澳大利亚的黑胸钩嘴鸢（*Hamirostra melanosternon*）会用石头砸向鸸鹋的巢，白兀鹫（*Neophron percnopterus*）则会用石头来砸鸵鸟蛋。小嘴乌鸦遇到特别坚硬、扔到地上也砸不开的坚果（例如胡桃）时，会利用路过的车辆来把坚果碾开。有一部现在很火的视频，主要讲的是日本某座城市的小嘴乌鸦。视频中有一只乌鸦停在斑马线上方。红灯亮时，它便会把坚果放在斑马线上，然后飞回原地等待。绿灯亮起后，如果经过的车辆把那颗坚果碾开了，它就会等红灯再次亮起时，飞下来叼走里面的果仁。如果坚果没有被碾开，它就会把坚果放到别的地方。

严格意义上说，把食物摔在坚硬的地面或者石头上，并不算是使用工具的行为。但这里的新喀鸦玩出了新花样。我们看到马路的另一边有一只乌鸦停在刚建好的木头栏杆上。它把一颗坚果丢进栏杆上一个嵌着大金属螺栓的圆洞里，将坚果卡在洞口和螺栓之间，如此它便可以把裂开的坚果固定住，从而用喙撬开它，吃到里面的果仁。真是太聪明了！

除了新喀鸦以外，其他一些鸟类也会使用在附近找到的工具。只要阅读相关的鸟类期刊，或者罗伯特·舒梅克写的那本精彩的《动物[67]使用工具行为纲要》，就能看到一些有趣而令人惊讶的故事——鸟类如何用找到的物品来盛水、挠背、擦身子、引诱猎物等。例如，有一只白鹳（*Ciconia ciconia*）会衔着一团潮湿的苔藓，拧出其中的水，喂到幼鸟的喙里。非洲灰鹦鹉会用烟斗或瓶盖从盘子里舀水。一只短嘴鸦会用飞盘装水，把已经干了的食物弄湿，另一只短嘴鸦会把塑料弹簧玩具衔到自己的栖木上，再用弹簧上未固定的一端给自己的头挠痒痒。曾经有一只吉拉啄木鸟（*Melanerpes uropygialis*）用树皮做了一只木勺，用来舀蜜蜂，以便带回家给幼鸟吃。还有一只冠蓝鸦以自己的身体作为餐巾，把蚂蚁身上有毒的蚁酸擦干净，让这些蚂蚁适合食用。

还有一些鸟会用某些物品当武器。在俄克拉何马州斯蒂尔沃特镇，一只短嘴鸦看到一位科学家试图爬到它的巢时，便把三颗松球扔到他的头上。俄勒冈州有两只渡鸦也采取了类似的手段应对两位想要接近幼鸟的研究人员，只不过用的武器更加坚硬。“一颗高尔夫球大小的石头掠过我的脸颊，落在我的脚边。”其中一位科学家写道。研究人员以为那是一只栖息在鸟巢上方悬崖的渡鸦不小心把石头踢了下来，但后来他们看到一只渡鸦嘴里衔着一颗石头。只见它迅速地把头一甩，便把石头向目标扔了过来。接着，它又连续丢了六颗石头，其

中一颗砸到了一位科学家的腿部。石头上的痕迹表明，这颗石头原本是半埋在土里的，但被那只渡鸦挖了出来。

此外，有好几种鸟会用一些物品当诱饵，以此吸引鱼上钩。美洲绿鹭便是其中的佼佼者。它们会利用面包、爆米花、种子、花朵、活体昆虫、蜘蛛、羽毛，甚至鱼饲料来引诱鱼。穴小鸮（*Athene cunicularia*）喜欢用粪便作为诱饵，把一块块的粪便撒在巢穴的入口，然后一动不动地守在那里，就像埋伏在暗处的强盗一般，等待不知情的蜣螂落入它们设下的陷阱。

□科鸟类会用喙衔着剥落的树皮，把树干或树枝上的皮撬起来，以便吃到底下的虫子。有人曾看到一只栗背山雀（*Poecile rufescens*）用一根刺把喂食器中的种子挖出来吃。此外，有些鸟也会利用木棒和各种或粗或细的树枝。例如，棕树凤头鹦鹉（*Probosciger aterrimus*）常常用树枝当鼓槌，敲击空心的树干，以便宣告自己的地盘，或让雌鸟注[68]意到一个可以用来生育幼鸟的树洞。小葵花鹦鹉（*Cacatua sulphurea*）和非洲灰鹦鹉会用树枝抓挠背部、头部、颈部、喉部。此外，还有人看到一只白头海雕用喙衔着一根木棒捶打一只乌龟。最罕见的例子是，有人看到一只乌鸦和一只松鸦在争抢种子时，把树枝当作刺刀来攻击对方。

最后这个例子是第一个鸟类以物品作为武器攻击另一只鸟的文献记录，因此值得说明一下。不久前的4月的一个清晨，鸟类学家罗素·贝尔达在亚利桑那州弗拉格斯塔夫市观看一只短嘴鸦悠闲地在一座平台上进食。那里每天都有种类丰富的种子供当地的鸟类食用。暗冠蓝鸦（*Cyanocitta stelleri*）也是其中之一，它们常常前往该地，把这些唾手可得的种子叼走，拿到附近储藏起来。这天早上，一只暗冠蓝鸦显然对另一只短嘴鸦慢条斯理的进食速度很不满，于是便开始对这只体形比它还大的短嘴鸦叫嚷，并从空中朝着它俯冲下来，想要把它赶走，但却无功而返。于是暗冠蓝鸦只好飞到附近的一棵树上，使劲地用喙拉扯一根枯树枝上的细枝条。好不容易把这根枝条折断，它便用喙衔着枝条的钝端（尖端朝外）飞回平台上，像使用长矛一般挥舞着细枝条，向着那只短嘴鸦刺了过去，不过偏了1英寸（约2.5厘米），没有刺中短嘴鸦的身体。当短嘴鸦返回时，它便把细枝条丢到地上。接着，短嘴鸦把枝条捡了起来，尖端朝外，又刺向了暗冠蓝鸦。暗冠蓝鸦飞走以后，短嘴鸦还衔着细枝条穷追不舍。

上述多为偶发性的鸟类使用工具的例子，但除了新喀鸦以外，还有少数几种鸟类也经常性地使用工具，其中便有加拉帕戈斯群岛上的拟□树雀（*Cactospiza pallida*）。

当年达尔文在加拉帕戈斯群岛发现了许多种燕雀。这些燕雀为了获取群岛上丰富的食物资源，各自演化出不同形状的喙，拟□树雀便是其中之一。这种树雀体形较小，胸部呈暗黄色，有着镐一般的喙，强劲有力，能够凿开树皮和陈木，让躲在里面的幼虫和甲虫无处可藏。它们凿洞时，会有薄木片掉下来，拟□树雀便用这些木片伸进它们的喙[69]够不到的树洞或缝隙里，看看里面是否有虫子。此外，它们还会用小树枝、叶柄或仙人掌刺把节肢动物从隐秘的角落或裂缝里拉出来。维也纳大学行为生物学家萨拜因·特比希15年来一直在研究拟□树雀，她发现只有那些住在气候干燥多变、食物稀少的栖息地的拟□树雀才会使用工具，而且它们在觅食的时候，有一半的时间会这么做。而那些居住在相对潮湿、食物丰富且易得地区的拟□树雀就很少使用工具。

特比希是通过实验研究鸟类如何学会使用工具的先驱。她发现拟□树雀天生就有使用工具的能力，并不需要成鸟教导。当然，在经过不断磨炼之后，它们的技巧会越发娴熟。

特比希观察她抓来的一只鸟，以便了解它是如何逐渐掌握使用工具这一技能。这只拟□树雀叫作维士，是她在圣克鲁斯岛上的一棵树菊属的大树上发现的。当时这只拟□树雀才出生几天，腿部被蝇幼虫不断叮咬，无法动弹，只好栖息在枝杈间一个由苔藓和草编织成的半球形鸟巢里。接下来的几个月，它一直留在达尔文研究站里，由那里的几位科学家负责照顾。其中两位以生动的文笔记录了它的成长历程。

起初，这只拟□树雀对周围物品兴趣寥寥，但到了2个月大的时候，它就开始折腾花茎和小树枝，把它们含在喙里玩弄。没过多久，好奇心便驱使它探索周遭事物。它会拽纽扣、咬铅笔、把科学家的一缕头发从宽边软帽的透气小孔里拉出来，还会用喙和其他工具把别人的脚趾掰开，检查别人的耳朵和耳环。到了3个月大的时候，它便能够熟练使用各式各样的工具来探索某个缝隙，包括小树枝、羽毛、水磨玻璃的碎片、木片、贝壳碎片以及大青草蜢的后腿。它还把一根小树枝插进了袜子和靴子之间。

“维士一看到有裂缝的地方好像就要把它掰开，”记录员写道，“连人脸都不能幸免。它飞到科学家的脸上，抓着鼻梁，然后又倒悬着[70]观察鼻孔。如果那个人的脸上长了胡子，它可能会停在胡须上，好像站在长满苔藓的树干上一般。接着它把喙伸进那人的嘴唇中间，迫使他把嘴巴张开。如果嘴巴张开了，它便用喙尖检查他的牙齿。”

特比希和她的同事最近观察了两只野生拟□树雀（一只是成鸟，

另一只还未成年）的创新过程：它们发现了一种新的工具，对其进行修改以后让它变得更好用。那只成鸟从黑莓树丛里折下来好几根带刺的小树枝，把上面的叶子和杈子去除，并且让树枝上的刺朝着正确的方向，以便当工具使用，从而有效地将猎物（节肢动物）从树菊的树皮底下掏出来。另一只亚成鸟先在一旁观摩，不久也有样学样地用这个工具捕食。

除了拟□树雀以外，也许还有其他鸟类比我们想象的更善于使用工具，只是尚未被发现而已。以戈氏凤头鹦鹉（*Cacatua goffinian*）为例，这种鹦鹉原产于印度尼西亚塔宁巴尔群岛的热带旱林里，体形小巧、浑身雪白，冠羽像是“主教帽子”一般，以好奇、爱玩著称。被关在室内时，它们十分擅长开锁。尽管从未有人看到野生的戈氏凤头鹦鹉使用工具，但维也纳大学的阿莉塞·奥尔施佩格和她的团队曾目击到一只名字叫费加罗的被关起来的戈氏凤头鹦鹉，用喙从笼子的木梁上撕下几片细长木片，用来把它原本够不着的一颗坚果扒进笼子里。在之后的几次实验中，研究人员发现费加罗会使用不同的材料和方法制造出棒状的工具，并做出必要的调整，从而拿取它够不着的坚果，而且从未失手。

然而，据我们所知，就野外制造工具的能力而言，没有任何一种鸟能够匹敌新喀鸦。

几年前，圣安德鲁斯大学的克里斯琴·鲁茨和他的研究团队在野外的7个地点架设了动作感应摄像机，拍摄乌鸦使用工具的详细情景。[71]在大约4个月的时间里，一共拍摄到300次乌鸦到访的画面，以及150次乌鸦使用工具撬出树皮下的幼虫的情景。那些乌鸦灵巧得难以置信，它们捕捉幼虫的方法和珍·古道尔在贡贝国家公园看到的黑猩猩捕食白蚁的手法很像。乌鸦反复用工具去戳幼虫，直到幼虫用上颚紧紧咬住工具的末端。接着它们轻轻地挪动工具，轻柔地左右拍打，将幼虫带到树皮表面，然后再小心翼翼地把工具抽走，以免让猎物跑掉。这听起来好像很容易，其实不然。即便手指灵巧的人类，也不一定能办得到，鲁茨和同事就曾经亲自尝试，结果发现这需要有“相当强的感知运动控制能力”，而且“很难做得好”。

谈到制作工具方面的能力，能够媲美或超过新喀鸦的动物，只有黑猩猩和红毛猩猩。这两种灵长类动物虽然厉害，但也无法制造钩状的工具。况且，乌鸦所能制造的钩状工具还不止一种，它们可以分别用树木的细枝和露兜树带刺的叶缘，制造出两种不同的钩子，这简直是在炫技。

在用小树枝做钩子时，它们会选一根叉状的树枝，把其中的一侧

弄断，再从分叉处下方把另外一侧折断。然后新喀鸦把所有旁枝都去除，再用剩下的一小段树枝做成一个小钩子，并将钩子的尖端磨利，直到它适合用来把小虫子挖出来为止。

至于以露兜树做成的工具，则是用露兜树那有刺的带状树叶制成，共有三种样式——宽的、窄的和阶梯状的。根据亚历克斯·泰勒的说法，阶梯状的版本是最复杂的，它的顶端又宽又坚固，很好抓握。下面逐渐变窄，末端又细又可以弯曲，适合用来探测虫子。要制作这种钩子，手法必须精准，而且步骤颇为繁复。要先在叶子上撕开一个小口，然后将同侧的叶缘撕开，再在另外一处开个小口，并从那里撕开。如此连续几次，最后的成品看起来很像是一把小小的锯子，可以用来[72]把藏在角落和裂隙深处的蚱蜢、蟋蟀、蟑螂、蛞蝓、蜘蛛等无脊椎动物钩出来。

值得注意的是，乌鸦们在开始用露兜树的叶子制造钩子之前，就已经先决定了钩子的形状和样式。这点和其他动物制造工具（例如黑猩猩制造刷子）的程序不同。它们先在叶子上把整个钩子做好，然后才将它从叶子上撕下来用作工具。有些科学家认为这点显示新喀鸦可能是根据它们心中的某个范本制作这种钩子。

还有一件很酷的事情：乌鸦把工具取下来之后，会在叶子上留下一个形状一模一样的印子，也就是这个工具的“副本”。奥克兰大学的加文·亨特和罗素·格雷研究了他们在新喀里多尼亚岛上的几十个地点所看到的5000多个“副本”的形状，结果发现每个地方的工具形状都不太一样，而且似乎已经留传了几十年。有些地方的乌鸦喜欢宽钩子，有的地方则以窄钩子为主，但最普遍的则是阶梯式的钩子。亨特指出，新喀里多尼亚岛附近的马雷岛的乌鸦只做宽钩子。换句话说，每个地方的乌鸦所制造的工具似乎各有特色，而且代代相传。

这种地方特有工具样式的传承表明，乌鸦有它们自己的文化。此外，亨特认为，已有证据显示新喀鸦所制造的工具一代比一代进步。这使得它们成了到目前为止，我们所知道的唯一展现出“累积性技术变迁”的非灵长类物种。在新喀里多尼亚岛，大多数地区的乌鸦只制造阶梯式的钩子，而这是所有用露兜树叶制造的钩子当中，样式最复杂的一种。“我想一只乌鸦如果从来没有用露兜树叶制造工具的经验，它应该会先从比较简单的形式开始，之后才能做出阶梯式的[73]钩子。”亨特说。然而，这些地方的露兜树叶子上，却看不到任何比较简单的形式。“这些乌鸦似乎从没有做过样式原始的简单工具。”亨特说，“它们似乎一开始就能做出最复杂的样式，就像人类不需要从最简单的样式开始，便能直接做出最新型的工具一样。”这当然只是间接的证据，但亨特表示：“在缺乏绝对证据的情况下，我们往往会接

受证据相对不充分的说法。”在他看来，现有的证据表明，新喀鸦用露兜树制造工具的技术，是经过世世代代逐渐改良而成的。

不过，克里斯琴·鲁茨认为，目前还没有充分的证据支持这一说法，需要进一步的研究。但新喀鸦似乎确实懂得如何使用它们的钩状工具，这显示这些工具有可能是经过一代代的改良而成。鲁茨和他的同事詹姆·J.H.圣克莱尔利用从野外捉来的新喀鸦做了一组实验，结果发现这些乌鸦会注意钩子在工具的哪一端，而且使用时的方向都很正确。他们在研究报告中写道，这“意味着它们的工具可以用上一段时间”。也就是说，就算它们不记得自己把工具放下时，钩子是朝着哪一个方向，它们还是能够再次加以使用。同时，它们也能使用别的鸟类所丢弃的工具，“这可能是乌鸦族群之所以能有社会学习行为，并且能传播有关工具信息的关键因素。”鲁茨和圣克莱尔表示。除此以外，他们也认为新喀鸦所制造的工具之所以会变得越来越复杂，正是因为它们能够区分工具的哪个部分是有用的，并且稍微加以改良。

鸦科动物大约有117种，和新喀鸦一样居住在热带地区并且同样聪明的乌鸦不在少数。为什么偏偏只有它们成了使用工具的能手？是什么因素使得它们拥有如此特别的能力？是新喀里多尼亚岛有特殊之处，还是新喀鸦特别与众不同？

从任何一个角度来看，新喀里多尼亚岛都是一个不可思议的地方。它位于新西兰和巴布亚岛之间，地处偏远、面积狭小，只有220英里（约354千米）长。从空中俯瞰，岛上有苍翠的高山、莹白的海滩和[74]碧蓝的潟湖，看起来就像其他太平洋岛屿（例如夏威夷、巴厘岛或附近的瓦努阿图）一样，是由火山喷发而成的。但事实并非如此，它不像上述岛屿那般年轻，也不是火山喷发而成，而是由远古的冈瓦纳大陆演变而来，位于6600万年前和澳大利亚分开而且几乎完全淹没在大海中的西兰蒂亚大陆的最北端。它一直位于海平面底下，一直到3700万年前才露出水面。

新喀里多尼亚岛是我所到过的最安静的地方之一，它的陆地面积大致相当于新泽西州，人口却不到后者的3%。因此岛上有许多地方几乎是渺无人烟，岛上的人口中有五分之二是当地的原住民卡纳克人，而来自欧洲、以法裔为主的白人占了大约三分之一，其余则是一些来自附近岛屿的民族。岛上的道路空旷，上面经常可以看到有着鲜红的喙和紫色胸羽、体形硕大的黑背紫水鸡（*Porphyrio melanotus*）。此外，岛上四处都是参天的“库克松”，这种细高的松树是因著名的探险家詹姆斯·库克船长而得名。库克船长是最早来到新喀里多尼亚岛的欧洲人之一。1774年，当船驶近这座岛屿时，他和船员看到“一大片高高的东西”，于是互相打赌它们究竟是树木还是石柱。

库克松所属的科的植物往往被称为活化石，因为它们看起来很像是恐龙时代遍布地表的古老常青树。岛屿中央有一系列的山脉，东边的山坡上是一座座苍翠的原始雨林。在昏暗的雨林中，住着幽灵般的鹭鹤，这种鸟可能是冈瓦纳大陆时期的残存物种。

新喀里多尼亚岛上一度密布原始雨林，但如今只剩下零星的几座。不过此地的生态仍然极为多样化，光是昆虫的种类就超过2万种，包括70多种原生的蝴蝶和200多种蛾。岛上的植物约有3200种，其中四分之三是其他地方都看不到的当地特有种。因此，科学家们往往认为，新喀里多尼亚岛的植物本身就自成一个亚区。

除此以外，岛上也有许多巨大的生物，其中包括体长14英寸（约[75]35.6厘米）、被称为“树林中的魔鬼”的大壁虎，以及体长达23英寸（约58.4厘米）的蜥蜴。此外，这里还有一种会呼吸空气的陆栖大蜗牛（*Placostylus fibratu*），它的身体足足有5英寸（约12.7厘米）长。另外，被当地人称为“诺特”的巨皇鸠（*Ducula goliath*），更是全世界最大的树栖鸽子，体重可达2.2磅（约998克）以上，大约是一般原鸽的2倍。另有一种不会飞的新喀里多尼亚秧鸡（*Porphyrio kukwiedei*），体形有一只火鸡那么大。一种不会飞的新喀里多尼亚巨塚雉（*Sylviornis neocaledoniae*）体形也很大，可以长到5.5英尺（约1.68米）长，66磅（约29.9千克）重。

岛屿上往往会有一些奇特的品种。除了超大型的生物之外，也有各式各样体形超小、外观艳丽或怪异的品种。我曾在婆罗洲的雨林中，见过一只寿带（*Terpsiphone paradisi*）雄鸟。它的体形只有歌鸲那么大，尾部却垂着一对长得出奇的中央尾羽，这两根尾羽是乳白色的，足足有1英尺长。当它们掠过那片翠绿的林木时，看起来就像风筝的尾巴。

岛屿如同有护城河环绕的城堡，是演化实验的大本营。内部的竞争不像在大陆上那么激烈，掠食者也比较少，因此生物在演化过程中所做的实验，不致太过迅速或残酷地受到惩罚。其中包括行为方面的实验，例如工具的使用等。（难怪除了新喀鸦之外，地球上唯一会经常使用工具的鸟类就只有加拉帕戈斯群岛的拟□树雀。）

根据鲁茨和他的研究团队的说法，新喀鸦很可能是在3700万年前这座岛露出海面之后的某个时期来到这里。在位于岛上莫安杜区的梅欧黑山洞里，曾经挖出这种乌鸦的头骨和骨头的化石，但因为这些遗骸只有几千年的历史，因此并不太能让我们了解新喀鸦更早的演化过程。

鸦科的鸟类是在几千万年前分成不同的谱系，但新喀鸦这一系的历史可能没有那么悠久。鲁茨认为，这种乌鸦的祖先在来到新喀里多尼亚岛之前，很可能在海上飞行了许久，而且它们很可能来自东南亚或澳大拉西亚。现代的新喀鸦不太会飞，往往只能在各个栖木之间做短距离的飞行，当它们必须飞到较远的地方时，动作往往缓慢而吃力。[76]但鲁茨认为，它们的祖先既然能够来到这座小岛，就表示它们当时可能很善于飞行，要不就是运气很好。此外，它们很可能是在几百万年前来到这座岛屿之后，才逐渐演化出制作和使用工具的高超能力。

新喀里多尼亚岛上有许多有营养且多汁的猎物，它们藏在看不到的地方，等着那些够聪明的动物发掘。其中包括天牛的幼虫和一些会钻进木头深处的无脊椎动物。这类幼虫富含蛋白质以及营养丰富的脂质。根据鲁茨的说法，一只乌鸦一天只要吃几只幼虫，就可以满足营养需求。除了食物来源丰富之外，会和这些乌鸦竞争食物的动物也不多。因为岛上既没有啄木鸟，也没有猴子、猿、指猴、条纹袋貂或其他善于从洞里挖掘食物的动物。

至于天敌，无论在地上还是天上，新喀鸦的对手都不多。岛上确实有一些会飞的掠食者，如啸鸢（*Haliastur sphenurus*）、游隼（*Falco peregrinus*）和白腹鹰（*Accipiter haplochrous*），但一般认为这几种鸟通常都不致对它们构成威胁。此外，岛上几乎没有蛇（只有会挖地道的盲蛇，但它们都住在邻近主岛的小岛上），也没有原生的肉食性哺乳动物，只有9种本土的蝙蝠（它们是许多雨林树木主要的种子传播者）。当年库克来到这座岛屿时，根据他心爱的苏格兰的一个地区的名字，将该岛取名为新喀里多尼亚岛，并带来了两只狗，作为送给卡纳克人的礼物。但这并不是个好主意，如今岛上到处都可以看到猎狗和其他入侵物种，例如猫和老鼠。那些狗已经杀死了许多鹭鹤，但对乌鸦倒不构成什么威胁。

竞争对手和掠食者稀少所造成的影响是，乌鸦们无须时刻保持警觉。换句话说，它们有时间可以从容安心地用枝条和叶子制造工具，[77]尽情戳弄、探测、撕咬，而不必提防对手或敌人进犯。同时，它们的童年也会过得比较悠闲，因此小乌鸦们可以安心在父母亲的监督下尝试制造工具。长期下来，它们自然可以逐渐精进技艺，而且在此过程中也无须挨饿。

小乌鸦并不是一离巢就可以制造出完美的工具。若干证据表明，它们天生就像拟□树雀一样，有使用工具的倾向。曾有实验发现，被关在笼子里的小乌鸦即使没有成鸟陪伴，也可以自行学会制造和使用简易的棒状工具。但如果要制造比较复杂的工具，显然就需要成鸟的

示范或教导。

举个例子，它们唯有待在成鸟身边一段时间之后，才能用露兜树的叶子做出像样的工具。不过，尽管有父母亲陪伴，它们的学习过程往往还是充满挫折。跟随格雷和亨特做研究的奥克兰大学博士生珍妮·霍尔茨海德曾经花2年的时间，在新喀里多尼亚的雨林里观察野生的小乌鸦们如何学习用露兜树的叶子做出工具并且加以使用。她和格雷两人还曾经为一只名叫黄黄的小乌鸦（因为它的脚上戴了两个黄色的脚环）拍摄了一部纪录片。观赏这部片子时，你会感觉像在看一个一两岁的孩子学习如何在不把食物洒出来的情况下用汤匙吃饭的过程。进度非常缓慢，而且充满了意外和失误。

格雷在一场有关“认知能力的演化”的演讲中，描述了黄黄逐渐进步的过程。刚开始时，它并不知道自己在做什么。但到了两三个月大时，它就开始密切注意它的母亲潘多拉的行动，观看后者如何用工具把虫子钩出来。之后，它便开始借用母亲的工具，并试着把工具横着插进洞里，看起来它似乎明白这种工具的用途，只是不知道该如何使用。但在跟着母亲一段时间，并且借用母亲的工具之后，它似乎逐渐明白什么样的植物和枝条可以做出好的抓虫工具，并且大概知道这些工具可以用来做什么。

当开始试着自己制造工具时，它并未模仿母亲的步骤，而是依照母亲所做的样式，试着做出类似的东西。这或许有助于说明为什么每个地方的乌鸦所制造的工具都有属于自己的风格。根据格雷的解释，小乌鸦在观察父母制作工具并且亲自使用工具的过程中，“或许在心78中形成了一个范本，并且依照这个范本做出了同样的工具”。他说：“我们知道鸟类在学习鸣唱时，心中也有一个范本。小鸟会经由摸索、尝试和学习的方式，唱出和成鸟相同的曲调。或许小乌鸦在利用模板制造工具时，也用到了同样的神经回路。”

之后，黄黄开始不断地做实验。在接下来的那几个月中，它试着用爪子（或喙）把露兜树的叶子撕开，但撕得东一块西一块的，似乎没有什么章法。不过至少它越来越能掌握其中的诀窍。

5个月大时，黄黄已经能做出工具的形状了。问题是，它经常使用叶子上无刺的部位，因此做出来的工具并不能用。不过，它还是会叼着那工具，将它翻来覆去，试着用用，但最后当然是徒劳无功。几个月之后，它终于学会了制造的程序，所有的步骤也都做对了。它先在叶子上的适当部位切割，而后小心翼翼、按部就班地一片片撕下来。可是因为它一开始下手的部位不对，所以做出来的工具是上下颠倒的，刺的方向不对。

黄黄所做的工具当中，有半数不能用来抓虫子。一直到将近18个月大的时候，它才能用露兜树的叶子做出可以媲美成鸟的工具，从而有效地把自己喂饱。这样的学习期可说颇为漫长，它之所以能够这样慢慢地学习，正是因为它拥有来自父母亲的支持。它们让它跟在身边，并允许它使用它们的工具。当它无法喂饱自己时，它们就会将一两只肥美的虫子丢到它嘴里，让它能够渡过难关。除此以外，岛上的环境也使它得以在不受干扰、安全无忧的情况下，花许多时间磨炼技能，逐渐从笨拙的学徒变成技术普通的工匠，最后成为制造工具的专家。

在这方面，新喀鸦或许可以提供一些线索，使我们得以进一步了解人类的生存策略。在灵长类动物中，人类的小孩依赖父母亲照顾的时间特别长。我们的生存策略也特别注重学习。根据奥克兰大学研[79]究团队的说法，人类和新喀鸦的觅食技术都很高明，未成年时，依赖父母养育的时间也很长，这显示二者之间可能有因果关系。这种理论被称为早期学习假说。或许生物之所以多花时间学习，是为了掌握制造工具的技能，因此青少年期必须更长。就这方面而言，新喀鸦可以提供一个很好的模型，让我们得以探讨工具使用对生物（包括鸟类和人类）的演化所造成的影响。

新喀鸦之所以能够使用工具，可能是因为岛上有许多食物都藏在洞穴或缝隙里，并且竞争对手和掠食者都不多。但正如鲁茨指出的那样，光是这些因素，并不足以导致这个结果。太平洋地区有许多生活环境类似、也有露兜树叶可用的乌鸦并不会制造工具。以新喀鸦的亲缘物种——分布于澳大利亚东北部的澳洲鸦（*Corvus orru*）为例，这种乌鸦的生活环境里，到处都是澳洲天牛的幼虫，而且也没有竞争对手和它们抢夺这些营养丰盛的食物。但它们并未想出用工具把这些虫子挖出来的方法；所罗门群岛的白嘴乌鸦（*Corvus woodfordi*，它们可能是和新喀鸦血缘最近的一个种）也是这样。

新喀鸦在身体或大脑的结构上是否有什么特殊之处？它的身体或大脑是否有某种特质，因此在鸦科动物当中显得如此与众不同？

我第一次见到这种乌鸦是在某个清晨，当时我正走出我在新喀里多尼亚岛中部的拉福阿的住处，它停在我前方几英尺的一株矮树的低枝上。就某方面来说，我很高兴它看起来和那些常在我们社区出没的短嘴鸦差不多。它的喙、脚和羽毛都是乌黑色的，上层的羽毛颇有光泽，会随着光线的变幻显出深紫、墨蓝或碧绿的色泽。它的体形大约像一只小型的乌鸦，但比短嘴鸦稍微结实一些，又比一般的松鸦或寒鸦（*Corvus monedula*）更加健壮。

它转头看着我，眼睛大而凸出，深棕色的眼珠子又圆又亮，看起来80很聪明。眼睛的位置靠近头部前方，能够在它用工具挖虫子时，一边看着前方，另一边滴溜溜地转，创造出一种比其他鸟类更厉害的双眼视野“重叠”的效果。这样宽广的视野，使得新喀鸦在用工具探测时，能够用喙精准地把虫子啄起来。

此外，牛津大学的亚历克斯·凯瑟尼克所率领的研究团队在一项新的研究中也发现，乌鸦在用眼时还有一个习惯。它们就像人类一样，有一只眼睛的视力比另外一只眼睛好，因此它们会把工具放在喙的某一侧，以便让视力较好的那只眼睛能够看到工具的末端，以及想抓的虫子。凯瑟尼克指出：“如果你用嘴巴咬住一支牙刷，而且你的一只眼睛比另外一只更能测出牙刷的长度，那么你在咬住牙刷的时候，就会让牙刷的末端朝向你视力比较好的那只眼睛。乌鸦也是这样。”

新喀鸦的喙线条笔直，呈圆锥形，造型简洁。其他鸦科动物的喙有着花哨的钩子或弧度，新喀鸦不同，因此它更能将工具衔紧，让钩子的末端落入它那宽广的视野中。

喙是鸟类用来探索食物世界的器官。一般来说，喙的形状决定了一只鸟所能吃的食物种类。隼和鹰都有钩状的喙，能够撕咬兔子；鹭有钳状的喙，能够钳住滑溜溜的鱼儿；啄木鸟有十字镐般尖锐的喙，可以在木头上啄洞；有些乌鸦有钩状的喙，有些有钳状的喙，有些则有矛状的喙。

光靠自己的喙，新喀鸦能够找到的食物有限。但它们却想出了办法，凭借着工具，扩大它们的喙所能触及的食物范围。

我们不清楚它们是先懂得制造工具，还是先具备适合制造工具的特殊身体构造。它们是不是因为先有了这种形状的喙以及这样特殊的视力，才逐渐发展出制造并使用工具的能力？抑或它们是因为特殊的生态环境（有这么多藏在不可见之处的美味虫子），才逐渐演化出这样的视觉构造和喙？这真是让生物学家们又爱又恨的神秘因果关系问题。

无论如何，科学家们表示，这两个特征（特殊的视觉系统和笔直81的圆锥形喙）让新喀鸦得以在某种程度上控制它们所使用的工具，而这是其他鸦科动物办不到的。这一点也和人类很相近，我们之所以能够灵巧地运用工具，也正是因为我们有双眼视觉、灵活的手腕和对生的拇指，这些特质让我们得以精准地抓握并拿捏物品。

诚如加文·亨特所言，新喀鸦的生活方式在其他好几个方面也和人

类相似。其中包括受父母亲照顾的青少年时期延长，使未成年者有充分的时间学习制造和使用工具。此外，亨特也表示：“人类和乌鸦都遗传了使用工具的习惯，而且在这方面表现得非常灵活，因此二者使用工具的行为都非常普遍。使用工具的行为在两个物种中似乎都呈不均衡的分布，所以，即便新喀鸦当中的社会学习少于人类，传承过程也会导致极其相似的结果。”

此刻，那只乌鸦同样看着我，眼睛晶亮，充满疑惑，仿佛在问我有什么好惊讶的。我心想它那乌黑的头部里面装着怎样的脑子，是否有什么地方和其他鸦科鸟类不同。事实上，研究结果表明，二者之间或许有些轻微的差异。有研究发现，新喀鸦的大脑比较大，至少比小嘴乌鸦、喜鹊和松鸦更大一些。（不过，我在前面已经提到，用脑子的大小评估智力是很粗糙的做法。）它们的前脑中负责精细动作控制和联想性学习的部位较大，这可能使它们比较灵巧，也更专注。而这种特质使得它们在应付任务挑战时具有很大的优势。此外，正如罗素·格雷所言，新喀鸦的脑子里的神经胶质细胞，比其他鸦科鸟类多了一些。一般认为，人类的神经胶质细胞和学习与记忆的机制（被称为“突触可塑性”）有关。格雷表示，大致上来说，新喀鸦的脑子里“并没有什么新奇的组织，只是原有的构造在演化过程中，逐步有了微幅的调整”。

不过，它们是否能做高阶的思考？是否能够理解自然界的定律
82（例如因果关系）？能不能进行推理和规划？是否具有洞察力？

过去大约10年间，奥克兰大学的研究小组和他们的同人一直在研究新喀鸦的心智，以了解它们是否具有特殊的理解能力。他们的重点并不在于探讨这些乌鸦的整体智力有多高，而是要了解它们在解决问题时，用到哪些特殊的认知机制。这些机制可能是人类复杂的认知能力（如洞察力、推理、想象和规划能力）的基础，其中包括注意到自己的行为后果的能力，了解因果的能力，以及评估各种材料的物理特征的能力。

泰勒解释：“这些乌鸦在解决问题时，可能用到介乎‘简单的学习’和‘人类的思考’之间的认知模式。”乌鸦的行为中所表现出的认知能力可能是处于某个中间的阶段，尚未形成像人类那般复杂的认知能力，例如想象事件的情节或推论因果关系。“所以我们才会对这些乌鸦那么有兴趣，把它们当成模式物种。”泰勒表示，“找出它们所使用的认知机制，有助于我们了解人类的思考能力，以及一般性智力的演化过程。”

想想007在那部影片中的表现，它之所以能解决问题，似乎是凭

着它的洞察力。面对问题，它似乎先做全盘的考虑（“那只箱子里有食物，可是我用我的喙够不到。”），然后在脑海中设想种种情况，于是便想出解决问题的方法。它不仅规划了解决问题的步骤，并逐步执行，而且从头到尾都记得它最终的目标。

根据格雷（那个实验是他和泰勒一起做的）的说法，007实际上或许没有这么厉害（虽然它的表现还是很吸引人）。格雷表示，它确实对问题做了全盘性的考虑，但或许并没有像人类那样运用自己的想象力或设想可能发生的情节，也可能不是凭着洞察力解决问题。事实上，它或许只是依据在现场看到的一些熟悉的物品行事。它知道这些物品是用来做什么的，也密切注意它的工具如何与那些物品互相作用。[83]它根据自己过去和那些物品打交道的经验，遵循适当的程序采取行动，终于达成了目标。格雷指出，就算它曾经在脑海中设想任何情景，那也非常有限，根据的是背景和经验。

泰勒表示，007的行动可能比以上所说的复杂，但也可能更简单。“只是在每一个瞬间做出的决定，完全没有运用任何心思。”他说，“这点我们还不清楚，这两种相反的假说还有待我们加以验证。”

奥克兰大学进行鸟类心智实验的大型鸟舍，坐落在福卡罗一座小型的研究站后面。那是一片树木茂盛的田野。雨季时，有一条溪流蜿蜒而过。遇到暴风雨时，这条溪流会泛滥得很厉害，但现在溪床已经干涸，躺卧在迎风摇曳的白千层树和稀疏散布的露兜树的浓荫下。鸟舍四周有网篱环绕，目前有7只乌鸦栖居在此。除了它们低沉而沙哑的“哇哇”声外，这里非常安静。偶尔会有几匹马经过附近的田野。当它们靠得太近时，便会惊动鸟舍里的乌鸦，引发一阵喧哗。

有几只成为研究焦点的乌鸦，都曾经在这座鸟舍待过，其中包括007和阿蓝（它之所以叫这个名字，是因为它的左脚上套了一个蓝色的脚环）。奥克兰大学的研究团队会让这些鸟在鸟舍里待几个月，然后再把它们放回野外。以007为例，它后来就被放回家乡——新喀里多尼亚岛柯吉山的森林里。他们用彩色的脚环分辨鸟类的身份，并暂时充当它们的代号，直到他们想出比较有创意的名字为止。泰勒表示，他已经帮150多只鸟取了名字，包括伊卡洛斯、马娅、拉兹洛、路易吉、吉卜赛、科林、卡斯帕、露西、鲁比、小丑、布拉特等，如今他已经黔驴技穷，因此请我给他一些建议。于是阿蓝的女儿小红和小绿现在有了与我女儿一样的名字——佐薇和内尔。

泰勒等人是用“弹跳网”捕捉这些乌鸦，他们试图把一整个乌鸦[84]家族都抓起来。在乌鸦密度高（例如每平方英里有20只）的地方，这并不难。但在新喀里多尼亚岛上的许多地方，尤其是在高海拔森林地

区，乌鸦的分布比较散（每平方英里只有两三只乌鸦），因此特别难抓。泰勒的同事亨特最近在帕尼耶山地区抓鸟时就不大顺利。当时正是卡纳克人狩猎巨皇鸠的季节。他们向那些巨皇鸠射击时，新喀鸦偶尔会受到波及。因此在狩猎季，这些乌鸦比较容易受到惊吓。这种情况下，亨特一只乌鸦也抓不到。不过，即便没有枪声干扰，捕捉的过程也需要耐心。

那些被抓来的乌鸦到达鸟舍以后，很快便适应了新环境。这也很正常，因为泰勒和他的同事埃尔莎·卢瓦泽尔会喂它们新鲜的熟番茄、牛肉丁、木瓜、椰子和蛋。（“大家都以为科学工作者一天到晚都在思考事情或做实验，但事实上我们要花很多时间把番茄剁碎，或把牛肉切成小丁。”卢瓦泽尔俏皮地说。）不久，那些乌鸦就在新居安顿了下来，而且会飞到桌上找事情做。“其中的秘诀在于要让它们觉得好玩。”泰勒表示，“你给它们的任务要够难，才能使它们一直保持兴趣，继续做下去。”

“我们想了解这些乌鸦如何思考。”泰勒表示，“它们如何解决复杂的问题？是通过洞察力、推理能力，还是比较平凡的能力？”

让我们回想一下007在解决那道八个步骤的难题时，把绳子拉起来的动作。它会自己想到把悬在栖木下方的一条绳子末端所绑的一根棍子拉上来，实在很厉害。有些科学家认为这证明它有洞察力，会在脑海中模拟问题（想象把绳子拉起来对食物的位置会有什么样的影响），然后马上执行计划以解决问题。

为了了解这种看法是否正确，泰勒和他的同事们设计了另外一个版本的实验。他们在绳子的末端绑上一块肉，作为乌鸦的奖赏。但乌鸦在拉绳子的时候，看不到那块肉正越来越靠近它，这让那些乌鸦陷入了困境。在看不到那块肉越来越靠近它们，提示它们要继续往上拉[85]的情况下，11只乌鸦当中，只有1只所拉的次数足以使它得到那块肉。它们的表现差了很多。（不过人类的表现也没有好很多。泰勒表示，研究人员让15名大学生做了同样的测验，结果其中9名没有通过。）如果给这些乌鸦一面镜子，让它们可以看到自己的进展，它们的解题能力又会立刻增强。如果它们具有洞察力，也就是说，它们在那一瞬间看出了事物的因果关系，知道只要它们一直拉那条绳子，肉就会越来越靠近，那么它们不需要靠视觉上的回馈就能继续行动。

泰勒指出，新喀鸦是否具有洞察力，目前尚无定论。不过这些实验显示，它们确实具有一些不凡的能力，能够注意到自己的行动所产生的后果，也能注意不同的物品互相作用的方式。在制造和使用工具时，这些都是非常有用的心智利器。

除了以上实验之外，奥克兰大学的研究小组也尝试研究乌鸦是否能够了解基本的物理法则。泰勒表示，他们采用了一个“适合乌鸦的方式”，仿照古老的伊索寓言中“乌鸦与水瓶”的故事来做一项实验。

那则寓言讲的是一只口渴的乌鸦，遇到了一只装得半满的水瓶，由于喝不到里面的水，它便把小石头一颗一颗地丢进水瓶里，直到水位上升，让它喝得到水为止。

事实证明，这不只是一则寓言。新喀鸦确实会这么做——它们会把石头丢进装了水的管子里，让水位上升。和奥克兰大学的研究小组一起做实验的萨拉·杰尔博特还发现，如果拿重的物品和轻的物品（实心物品和空心物品）让它们选择，它们将选择那些会沉在水里而非浮在水上的物品。也就是说，它们懂得如何选择材质，而且有90%的时间能够做出正确的选择。这表明新喀鸦能够理解“水位移”这个颇[86]为复杂的物理概念。因此它们的理解力相当于一个5到7岁的小孩。此外，实验显示它们能够了解各种物品的基本物理性质并做出相应的推论。

近来，泰勒、格雷和他们的研究团队一直试图探究新喀鸦是否能够理解事物的因果关系，尤其是不可见的力量所造成的后果。这种能力被称为“因果推理能力”，是我们最重要的心智能力之一。人类正是因为具备这种能力，才能理解世上各种物品是以一定的方式产生作用，而且一个事件或许是由我们所看不见的机制或力量造成的。格雷表示：“我们经常对看不见的东西做出推论。”比方说，如果我们站在室内时，看到一只飞盘从窗外飞进来，我们就知道那一定是某个人丢的。人类在年纪很小的时候，就已经发展出一种“因果推理能力”，能够推断一个现象的起因。一个只有7到10个月大的婴儿看到屏风后面丢出一只装了豆子的沙包，而且当屏风被拿开后，后面只有一块玩具积木而不是人时，就会面露惊讶的神色。正如格雷所言，这种能力是我们能够理解雷鸣、风寒感冒、磁力、潮汐、重力、神格这类事物的原因。它也有助于我们理解周遭人物的行为，使我们能够制造和使用工具，并对那些工具加以改造，从而将其运用在新的情境中。我们一度认为这样的能力也只属于人类。

乌鸦能够对它们看不见的力量（即所谓“看不见的起因”）做出类似的推论吗？泰勒设计了一项实验来找到答案，他的灵感其实源自一只乌鸦。

相较于其他许多科学家，研究鸟类行为的科学家更需要运气，因为他们一不小心就会被研究对象打败。他们所设计的装置无论多么巧妙，都有可能一下子就被那些鸟类破坏，让他们很泄气。但如果他们

够用心，有时可能也会得到丰厚的报偿。以泰勒为例，他所做的一项实验的灵感，就来自一只名叫劳拉的乌鸦所表现出的令人惊讶的行为。

事情发生在他的伊索寓言实验的初期。那段时间，泰勒会先把食[87]物放在一只能够浮在水面的软木塞上，然后再把那软木塞放进装了水的管子里（他每次这么做时，都是背对那些乌鸦）。那些乌鸦一旦解决问题，让水位上升并且拿到了那只软木塞之后，就会立刻带着软木塞飞到位于笼子后方的栖木上，把软木塞上的肉扯下来，再把软木塞丢掉。为了再次在那软木塞上放饵，泰勒必须到笼子的后方去把它拿回来。“拿一次没关系，”他说，“可是拿回一百次之后，你就会很烦了。”更麻烦的是，鸟舍是针对乌鸦的习性布置的。“有一张很宽的桌子，还有很多栖木。”泰勒表示，“有点像是一座丛林，人是不可能穿越的，所以得经常爬来爬去。”

劳拉的反应和其他乌鸦不同。它虽然也会把有肉的软木塞叼回栖木上，但它把肉吃掉之后，会飞回那张桌子，把软木塞放在靠近泰勒站立的地方。“我心里想：‘真谢谢你呀，这真是太棒了！’”泰勒表示。因为这样一来，他不仅不必从桌子底下爬到笼子后方去取那只软木塞，还可以加快投饵的速度，让这个实验的步调变得更快。

这件事让泰勒开始思考。尽管劳拉从不曾看到他在那软木塞上放饵，但或许它已经明白，他就是那批食物之所以会出现的“起因”。“当时我心想，或许它知道它如果把软木塞送回来给我，就可以更快地得到食物。它在这方面真的很厉害，知道我就是那个‘限制性因子’。因此如果它能让我的速度更快，它就可以更快吃到肉。”

劳拉的这一行为让泰勒猜想，新喀鸦是否比我们从前所想象的更具有因果推理能力？它们能否在看不到人类举动的情况下，明白他们可能是某个现象的起因？也就是说，它们能否根据某些无法观察到的机制做出推论？

为了找出答案，泰勒和他的同事们设计了一项很有创意的实验，以便了解那些乌鸦在看到某个人进入一间密室后，能否推断出后来从那里伸进伸出的一根棒子是由他操控的。研究小组在一座很宽敞的[88]鸟舍里设置了一个隐秘的地方，用一块柏油帆布遮住。同时，他们也在一旁的桌子上放了一只小盒子，里面有一些食物，乌鸦们只要用很简单的工具就可以取得这些食物。为了得到那些食物，乌鸦们必须背对那个用柏油帆布遮住的隐秘处。帆布上有一个洞，当他们躲在帆布后面，把一根棒子从洞口伸出来时，如果有只乌鸦正在盒子旁觅食，那根棒子就会直接碰到它的头。很明显，棒子对乌鸦构成了威胁。

泰勒解释，在这项实验中，他们让8只乌鸦观看了棒子从洞中进出的两种不同状况。第一种情况是有一个人进入那隐秘处，接着棒子就从洞中伸进伸出好几次，之后那人便离开隐秘处。第二种情况是没有人进出那隐秘处，但仍然有棒子从洞口伸进伸出。

乌鸦们观察了这两种情况之后，研究人员就让它们在盒子里觅食。实验表明，它们能够将两件事关联起来，并推断出棒子之所以会动，是因为有看不见的人在操控。因此，当它们看到那根棒子在动，接着又看到那人离开隐秘处之后，它们飞到桌上背对着隐秘处觅食时，就显得比较安心。但是当它们看到那棒子没有什么明显的原因就会移动时，它们看起来就比较忐忑不安，飞到桌上后，会紧张地看着隐秘处，有时还会放弃觅食，仿佛担心那个导致棒子移动的不明力量还会使它再度移动。（这有点像是婴儿看到沙包不是被人丢出来的时候那种惊讶的反应。）研究小组表示，这些乌鸦在这两种情况下表现出来的不同行为，显示它们或许具有相当发达的因果推理能力。

然而在另外一项研究“因果介入能力”的实验中，乌鸦们的表现就没有这么好了。“因果介入能力”是比理解因果关系更高等的能力，它指的是“看着某事发生，然后采取行动制造同样效果的能力”。比方说，你虽然从来不曾摇动一棵果树，但如果有一天你看到风吹过树枝，导致上面的果子掉下来，你就会推断出“摇动可以让果子掉下来”这个事实，如果你摇晃那些树枝，你也可以像风一样让果子掉下来。[89]

有一种装置正好可以提供这样的测试。那是一只小盒子，你只要把一件物品放在上面，它就会放音乐。如果你很快地对一个2岁的孩子示范一次这样的动作，然后再把那盒子和物品交给她，并问：“你能让它出声吗？”她一定可以轻而易举地照着做，乌鸦却不行。“它们只会把那件东西捡起来，敲打那盒子。”泰勒表示，“对人类来说，这件事听起来易如反掌，怎么可能会难呢？但那些乌鸦就是不行。”

但泰勒认为，它们表现不好的时候，就像表现好的时候一样吸引人。他解释说，如果你对认知机制的演化感兴趣，那么知道鸟类在哪些项目上表现得较差也是很有意思的。“我们正在研究，理解因果关系的能力当中，有哪些部分可能是一起演化出来的，哪些不是。”他说，“我做实验的目的不是要证明这些乌鸦有多厉害，而只是想了解它们的心智如何运作。如果事实证明，它们在某些方面很愚笨，在某方面很聪明，或者有些事情它们做不到，有些可以，这还是很有意思的。新喀鸦最吸引人的地方在于它们在野外的行为以及使用工具的能力，这是它们的特色。”

泰勒补充道，他对另外一个研究主题也很有兴趣。这个题目或许在学术上不是那么有价值，但还挺有意思。那便是，新喀鸦会从事什么样的娱乐活动？

“我的印象是它们有点像工作狂。”他说，“它们总是不停地寻找食物。但得到食物之后，它们只会坐在那儿休息，偶尔用嘴巴整理一下羽毛，飞上一会儿或叫几声，不像新西兰的啄羊鹦鹉（*Nestor notabilis*）那样，经常玩一些新把戏。我觉得这个现象很有趣，因为人们普遍认为好奇心、玩耍与智力有关。”

鸟类会玩吗？它们会为了乐趣而去做一些事情吗？

在伦敦玛丽王后大学教授动物智力课程的高级讲师内森·埃默里[90]里和妮古拉·克莱顿认为，大脑较大、较晚熟的鸟就像许多哺乳动物一样，确实会玩游戏。他们在论文中表示，“只是相对来说不常见而已，在大约1万种鸟类中，只占了1%，而且大致上只有那些发育期较长的鸟类（例如乌鸦和鹦鹉）会这样”。

他们指出，玩游戏不一定光是为了让鸟类能为将来的生活做好准备，或许也可以减轻鸟类的压力，帮助它们和其他鸟类建立社会联系，或者纯粹只是为了好玩。“鸟类就像我们一样，也可能为了玩乐而玩乐。”他们解释，“玩乐会带来愉悦的体验，释放内源性阿片类物质。”也就是说，玩乐本身就是一种自我奖励的“完成行为”。

根据动物学家米利森特·菲肯的说法，只有聪明的鸟类才能从事复杂的娱乐活动，而且它们会经由玩乐发现自己的行动与外在世界的联系，并加以试验。换句话说，玩乐是需要智力的行为，但同时也可以增强智力。

鹦鹉科的鸟类往往都很爱玩。几十年前，我的父母为家人买了只长尾鹦鹉当宠物，顺便也买了一系列的玩具放在它的笼子里，包括梯子、镜子、铃铛（全都是色彩鲜艳的廉价塑料制品），以及好几种奇形怪状的点心，这是当时鹦鹉笼里的标准配备。“哥哥”（这是我们帮那只鹦鹉取的名字）会把每一样东西都拿来玩，直到玩坏为止。现在的宠物商店也贩卖各式各样特制的鹦鹉玩具。非洲灰鹦鹉喜欢玩各式各样用纸张、硬纸板、木头和生皮制成的物品，例如卫生卷纸、广告邮件、冰棍、纸杯、塑料笔盖等它们可以撕咬或破坏的东西。有时候它们玩得太忘形了，还会从栖木上掉下来。

根据专家的说法，最会玩的鸟类是啄羊鹦鹉。这种鹦鹉体形像乌鸦一般大，分布于新西兰的南阿尔卑斯山。它们生性天不怕地不怕，

具有如同灵长类的智商，因此赢得了“山猴子”的称号。有一本书说明了它们的拉丁文学名*Nestor notabilis*的意义：“*Nestor*是传说中的希腊英雄，以长寿与智慧著称。这个名字往往用来指睿智的顾问或领[91]袖。”接下来便出现了一句很煞风景的评论：博物学家林奈给这一科的鹦鹉取名字时，或许“没有想到任何特定的意义”。

这个说法或许没错，但也很难说。

朱迪·戴蒙德和艾伦·邦德这两位科学家已经研究啄羊鹦鹉许多年。他们认为啄羊鹦鹉可能是世界上最聪明、最淘气的鸟。

“啄羊鹦鹉的玩耍不太像是一套仪式化的行为，而是它们对这世界的态度。”他们在论文中写道。啄羊鹦鹉在玩耍方面的表现，远远超过鸦科的鸟。戴蒙德表示，它们“大胆、好奇、机灵，而且很有破坏力”。有人认为它们是爱玩、滑稽的鸟，是“山中的小丑”；有人则认为它们是专门搞破坏的流氓，像青少年一般成群结伙，四处捣毁东西，拆解汽车的雨刷、橡胶饰边，以及露营人士的帐篷和背包，弄坏建筑物的雨槽和户外家具。不过它们这种爱玩东西的天性，或许有助于它们发展出一套“工具”，可以用来应对陌生情况或觅食时意外碰到的问题。

除此以外，啄羊鹦鹉也很喜欢嬉闹。它们会抬起头，把腿打直，悄悄走到一个有可能陪它们玩耍的同伴身边，邀请它一起玩闹。然后它们用喙你来我往地打斗，一会儿闪躲，一会儿刺戳对方，扭打，钳住对方的喙，互啄，对踢，还会一边躺在地上翻滚，一边摆动双脚并发出又长又尖的叫声，甚至会压住对方的肚子。但它们纯粹只是玩乐，并不在乎输赢（也就是“统统有奖”）。

啄羊鹦鹉有时也会故意恶作剧或搞破坏。根据戴蒙德和邦德的说法，它们曾经偷走人家的电视天线，并给汽车的轮胎泄气。有人曾经看到一只啄羊鹦鹉把别人家门口的一块地垫卷起来，推到台阶下面。几年前，新西兰《周日先驱报》曾报道一只啄羊鹦鹉从一位毫无戒备的苏格兰游客那儿偷走了1100美元。当时这位名叫彼得·利奇的游客正在南阿尔卑斯山最高的山隘附近的一处休息区。当他把露[92]营车的窗户摇下来，以便拍摄那里的风景和停在附近地上的一只绿色怪鸟时，那只鸟突然飞进他的露营车，叼起他放在仪表板上的一只小布包后疾飞而去。“它把我所有的钱都拿走了。”利奇懊恼地表示，“那些鸟现在可能正在用我那些纸钞铺鸟巢呢。”

啄羊鹦鹉或许很会胡搞，但鸦科鸟类也不是不懂得嬉戏玩闹。比方说，渡鸦会独自玩抛接的游戏，把一根小树枝丢到空中，然后再接

住。有人曾经见过两只年幼的白颈渡鸦（*Corvus albicollis*）在玩“山寨大王”游戏，其中一只站在一个土墩上用喙挥舞着一坨粪便，另一只则扑上前去试图抓住那个玩意儿。

2月的一个晴朗和煦的早晨，博物学家马克·布拉齐尔在日本北海道的中央山脉上，看到一座堆满新雪的陡坡上有两只渡鸦，其中一只用俯趴的姿势滑下雪坡，它的同伴则抬起脚，拍动翅膀不断翻滚。“这两只渡鸦就用这种滑雪橇和翻滚的方式，沿着山坡滑了十几米，之后才飞回坡上。”布拉齐尔写道。之后它们又重复一次这样的特技表演。也有人见过乌鸦滑下斜坡，显然是在玩耍。在日本，有人拍到几只小嘴乌鸦从儿童的溜滑梯上滑下来。不久前，俄罗斯人拍到一只乌鸦用瓶盖当滑雪板，从屋顶上滑下来，结果那个短片马上火了。

阿莉塞·奥尔施佩格和一个国际科学团队最近做了一项研究，观察各种乌鸦和鹦鹉如何玩弄类似玩具的物品，以了解它们的认知性质以及玩耍物品和使用工具之间的关系。灵长类和鸟类往往都是先玩物品，然后再把这些物品当作工具使用。科学家在调查了74种灵长类动物之后发现，只有习惯使用工具的灵长类动物（例如卷尾猴和大猩猩），会在玩耍的时候把不同的物品组合起来。人类的孩童在8个月大的时候就开始把不同的东西放在一起。到了10个月时，他们就能把玩具塞进洞里，或把圆圈串在一根杆子上。大约要到2岁以后，他们才会开始把一些物品当成工具，以达成某个目的。

研究人员找来9种鹦鹉和3种乌鸦，给它们同样一组木制的幼儿玩具，这些玩具形状不同（有棒状、环状、立方体和球体），色彩各异（有红色、黄色和蓝色）。此外，他们还提供一块“活动板”。那是一块游[93]戏板，上面有一些管子和洞，可以用来把那些木头玩具插进去，或把几个环状的玩具串起来。

结果他们发现，受试的鸟大多数都会玩这些木头玩具，但其中有些特别厉害。新喀鸦、凤头鹦鹉和啄羊鹦鹉最善于把两个可移动的玩具组合起来，并且把那些玩具配置在活动板上。研究人员表示，在工具的制造上最富创意、最会使用工具的鸟类（包括戈氏凤头鹦鹉和新喀鸦），把玩这些木头玩具的方式也最复杂。戈氏凤头鹦鹉喜欢黄色玩具（可能和它们翅膀底下的黄色条纹有关——这通常是它们用来向别的鸟类展示的部位）。新喀鸦最爱球形的物体（原因不明），但它们也喜欢把棒子戳进活动板的洞里。戈氏凤头鹦鹉和年幼的新喀鸦会把三个可移动的物品组合起来，只有鹦鹉会把环状的玩具套在管子或杆子上。其中戈氏凤头鹦鹉更是懂得以喙脚并用（一只脚）的方式完成这项工作。来自印尼的它们，向来擅长解决问题，被关在笼子里的

时候，也会用富有创意的方式使用工具。

“我们的研究表明，这些大脑较大的鸟类玩耍物品的行为和它们的功能性行为是有关的。”奥尔施佩格表示，“但我们还不清楚玩耍的行为对它们解决问题的能力有什么直接的影响。或许，通过玩耍，它们可以练习一般动作技能或了解物体的功能特性。”（所谓的功能特性，指的是物体和鸟类之间或物体与环境之间的关系，这样的特性让鸟类有机会做出某种行动。）“也可能玩耍的行为只是它们进行探索时的副产品。”

值得一提的是，这些鸟类在玩耍时，似乎都很乐意分享，没有任何一只鸟会霸占一块以上的活动板，或两三个以上的玩具。研究人员表示：“它们当中并没有发生明显的侵略其他鸟类或独占物体的行为。”

泰勒表示，他的鸟舍里的新喀鸦似乎不是为了玩耍而玩耍，它们喜欢衔着各式各样的小东西。他说：“如果你把几个工具放在笼子里，[94]它们就会花许多时间把棒子藏起来，并且用喙叼着棒子，用来探测东西。但这并不算玩耍，因为这是它们在野外生存的方式。”

不久前，泰勒想研究新喀鸦除了对食物有兴趣，是否也会纯粹为乐趣而去做一些事情，于是他给那些乌鸦一块小小的滑板，看它们是否会像日本和俄罗斯的那两种乌鸦一样，享受滑行的乐趣。不幸的是，这项实验并不成功，泰勒表示：“它们真的不喜欢滑行，所以我们后来放弃了。”

关于乌鸦的心智，奥克兰大学的研究小组和其他科学家还想探讨一个问题：它们是先懂得如何使用工具，还是先拥有那些令人印象深刻的认知能力？它们是否因为开始使用工具，才变得比较聪明？还是说它们原本就很聪明，而它们的认知能力只是提供了某种“平台”或心智资源，让它们懂得如何使用工具？

新喀鸦之所以如此聪明，有可能是因为岛上的生活环境使然。就像加拉帕戈斯群岛的拟□树雀那样，一个充满变动的环境可能会迫使生物演化出复杂的认知能力，以便应对环境中的挑战。这样的演化也可能提供了某种基础，使它们演化出使用工具的能力。

反过来说，使用工具的行为也可能促使生物演化出复杂的认知能力。或许这些乌鸦是在无意间发现使用棒子挖出食物的方法，这对它们构成新的心智挑战，增进了它们解决实质问题的能力。使用工具的行为，使它们在物竞天择的过程中占有优势，因为它们能够取得那些

营养非常丰富的虫蛹。正因为那些虫蛹的营养实在是太丰富了，新西兰的白顶啄羊鹦鹉（*Nestor meridionalis*）甚至愿意花80分钟以上的时间，努力用它那长长的喙把一只虫蛹挖出来。一旦使用工具的技术传播开来，这些乌鸦在物竞天择的过程中就比较容易演化出极端的双眼视野（这会增进它们抓虫子的效率）之类的特征。[95]

泰勒指出，这是一个“鸡生蛋还是蛋生鸡”的问题，是所有研究新喀鸦的科学家想要挑战的目标。“如果使用复杂的工具会影响智力，则那些向来能够制造复杂工具的族群都会比较聪明，这将可以证明科技智能假说。”

当然，正如加文·亨特所言，这些乌鸦得具备某种程度的心智能力，才能利用手边的资源，想出使用工具的方法。“不过，我仍然不确定新喀鸦是否一开始就比其他乌鸦聪明。”亨特表示，“但是它们开始使用工具以后，认知能力就增强了，终于发展到今天这样令人印象深刻的程度。”

因此，或许使用工具的行为就像玩耍一样，一方面需要有相当程度的智力才能做到，另一方面也能提高智力。

那只叫作007的鸟来自柯吉山的森林，那里的乌鸦都会制作复杂的钩子。007是否特别杰出呢？“就它的大胆和坚持度而言，是的。”泰勒说道，“它年纪还小。它家的三只鸟都很喜欢玩球。”有一位研究人员说，他只要用手指着007，它就会飞下来准备做实验。泰勒有时会看到它在鸟舍的门口排队，等着接受实验。“我只好跟它说：‘很抱歉，你得等会儿，我现在要测试走廊另一头的那些笨鸟。’”

不过，相较于每只乌鸦之间的差异，泰勒更感兴趣的是来自岛上不同地区的乌鸦之间的差异，它们使用工具的方式和认知能力有何不同。

接下来，奥克兰大学的研究小组打算加入一项大规模的国际计划，探讨新喀鸦的基因和不同族群的乌鸦之间的差异。其中一个方法[96]是比较新喀鸦和几个亲缘物种的基因组，以便找出新喀鸦拥有，但其他乌鸦却没有的那些基因，然后再研究那些基因和它们在认知能力上的差异有何关联。

另外一个方法（也就是奥克兰研究小组的鸟舍里已经开始采用的方法）就是看看不同地区的新喀鸦在认知能力和基因上有哪些差异。举例来说，来自柯吉山（那里的乌鸦会做钩状工具）的007和来自新喀里多尼亚岛中部的拉福阿（那里的乌鸦只会做最简单的棒状工具）

的阿蓝，在基因上可能会有一些差异。来自岛上不同地区、制造的工具形状不同的乌鸦，是否认知能力也不相同？这些差异是否和遗传差异有关？

我利用待在新喀里多尼亚岛的最后一天，开车沿着狭窄的Z字形山路前往柯吉山的山顶。柯吉山是007的出生地，山坡上的原始雨林孕育出众多巨型生物，包括新喀里多尼亚巨人壁虎和高大的柯吉贝壳杉，这种树树干粗大，参天而立，直径可达8英尺（约2.4米），高度可达60到70英尺（约18至21米）。

根据泰勒的说法，007现在可能已经组建家庭了。我希望能有机会看到柯吉山的乌鸦，但天色已晚。我已经习惯了黄昏时满天红霞、天色慢慢变暗的景象。但在赤道这里，天色一下就全暗了，尤其是在光线昏暗的雨林里。突然间，树林里就变得阴森森的。

每一座森林都有自己的个性，有属于它的耳语传说和气味。新喀里多尼亚岛的高山原始森林里有类似远古时期的植物和鸟类。那潮湿、不见天日的林木下层长着一种名叫无油樟（*Amborella*）的常青灌木，它是世上第一批开花植物的近亲。除此以外，还有一种桫椤科的巨大原始树蕨。它的样子就像2.75亿年前二叠纪时期的植物，高度可达65英尺（约20米），叶子有10英尺（约3米）长，是植物界最大的叶子之一。在卡纳克人的语言中，这种树蕨的名字意为“人类国度起源”，这是因为根据他们的创世传说，人类的第一个祖先是从一根中空的树蕨树干里爬出来的。[97]

在这里，时间似乎在另一个维度里流逝。在那片璀璨的绿意中，尘世的繁忙逐渐消失了，躁动的内心也在惊叹和赞美声中安静下来。

我往前走着，不时抬头观看上方那浓密的树冠，用我的双筒望远镜对准低处的枝杈。突然间，我被一截树根绊倒了，跌到一张很大的蛛网上面。这时我才发现森林里的蜘蛛多得吓人。我猜它们是金蛛属的蜘蛛，这种蜘蛛会编织精巧的放射状蛛网，在阳光下闪闪发光，显得十分耀眼。但在这昏暗的林间，我几乎看不见它们，只感觉树木之间的每个隙缝，似乎都悬挂着格子状的蛛网。而每一张网的中央都埋伏着一只不小的蜘蛛，在那里一动不动、蓄势待发。这时我脑海里闪过了《远方》[6]中的一幅漫画。画中有一张巨大的蛛网，上面有两只蜘蛛，而一个胖胖的小男孩正朝着那蛛网走过去。其中一只蜘蛛对另外一只说：“我们如果得手，就可以吃得像国王一样了。”

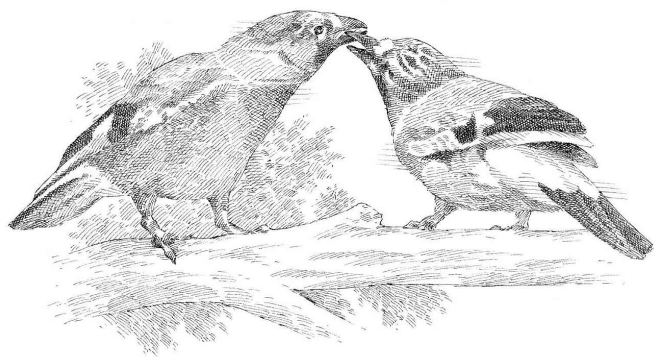
想到这里，我更加小心翼翼地选择路线，继续深入越来越昏暗的森林。

突然间，我听到右手边的树上传来低沉的哇哇声。那是年幼的新喀鸦乞求父母亲的叫声，但我什么也看不到，只感觉树叶在沙沙作响，说不定007正在那儿拿它用钩子挖出的虫子喂孩子呢。它传给后代的DNA是否能够说明，在世上所有鸟类中，为何独独它们这个族群能够制造如此精细的工具？作为一只能制造钩子的乌鸦，它的基因和阿蓝不同吗？

关于新喀鸦，目前仍然有许多问题尚未得到解答。它们究竟是先会使用工具还是先具有高度的智力？是先会制造工具，还是先拥有适合制造工具的喙形状和视力？是先拥有善于解决问题的DNA，还是因为在环境中遇到了棘手的难题，才导致它们拥有现在这些基因？

对我而言，这些都是生物学上神秘而又令人兴奋的问题。没有头绪，尚待解决，仍然有探讨的空间。在渐浓的夜色中，思索着这类奥秘，令人心情愉悦。时光之神将岛屿和鸟类放在一起。经过漫长的、渐进式的演化过程，不知怎的便造就了这些会制造工具的神奇鸟类。

它们可真是天才。[98]



第四章 叽叽喳喳
——鸟类的沟通才能

我们通过与他人的接触，磨炼自己的大脑。

——蒙田

许多种鸟类在社交方面十分活跃。它们成群繁殖，一起洗澡、休息和觅食。它们会偷听、吵架、搞婚外情，也会欺骗和操控别的鸟。它们会绑架，会离婚，有时会表现出强烈的正义感，也会给其他鸟类赠送礼物。它们会用小树枝、松萝铁兰和棉纱碎片玩抛接和拔河的游戏。它们会偷邻居的东西，会提醒孩子远离不速之客，会捉弄别的鸟，也会彼此分享。它们会建立社交网络，也会争权夺位。它们还会亲吻、安慰对方，教导下一代，也会勒索自己的父母。遇到同类死亡时，它们会通知其他鸟过来观看，甚至还会因为亲友的死亡而伤心。

不久前，人们都还以为鸟类根本不可能有这类社交能力。比方说，如果有人主张鸟类能够思考其他鸟在想什么，一定会被无情地嘲笑。但近些年来，这样的观点已经改变了。因为科学研究显示，有一些鸟类的社会生活就像人类一样复杂，而且要从事这样的社会行为，需要具备非常高等的心智能力。

世上的鸟类有成千上万种，它们的社会组织形态五花八门，林林总总。有些鸟习惯独居，极具领地意识，只和自己的配偶在一起，101例如白腹鱼狗（*Ceryle alcyon*）和剪尾王霸鹟（*Tyrannus forficatu*，亦称“德州天堂鸟”）。有些鸟则天生喜爱群居生活，例如秃鼻鸦（*Corvus frugilegus*）和王绒鸭（*Somateria spectabilis*）。前者是生长在东半球的一种乌鸦，喜欢在拥挤的群体栖息地筑巢，从英国到日本都可见到它们的踪影；后者是生长在北极沿海水域的大型鸭子，喜欢成群结队地生活，有时一群可达1万只。

此外，作为欧亚大陆随处可见的一种色彩鲜艳的黄胸小鸟，大山雀（*Parus major*）的社会组织也很有意思。牛津大学的研究人员最近为牛津市西边的怀特姆森林（这是一片古老林地，曾有许多科学家在此进行研究）内的1000只大山雀建立了一种类似脸书的网络，研究它

们的交往模式，看看谁和谁来往，哪些鸟又会固定在同一个地方觅食。

结果他们发现这些大山雀有一个复杂的社交网络。同样性情的鸟会形成一个松散的群体，一起觅食。就连鸡也有复杂的社会关系，它们在交往几天后，就会形成一个阶级分明的稳定社群。事实上，所谓“啄食顺序”的说法，就是源自挪威动物学家索尔雷夫·谢尔德鲁普—埃贝所做的研究，埃贝在研究鸡群的社会关系之后发现，它们的啄食顺序（社会地位）呈阶梯状。最上面的一级在食物和生命安全方面都拥有很大的特权；而最下面的一级，则很容易受伤且必须面对许多风险。

鸟类之所以聪明，是不是因为它们与伴侣、家人、朋友和同伴的亲密互动？它们的心思之所以如此敏捷、灵活，是否不只是因为它们必须面对环境的挑战，也是因为它们必须解决社交关系上的难题，以及相处时的种种考验与磨难？这种被称为社交智能假说的理论最近在
102科学界已经赢得相当多的支持。

1967年，伦敦经济学院的心理学家尼古拉斯·汉弗莱提出这一理论，认为劳神费力的社交生活可能使生物演化出更高的智力。

汉弗莱是在观察了他的实验室里的猴子之后，提出了这一概念。那些猴子被分成几组，每组各有八九只，住在简陋的铁丝笼里。汉弗莱担心这样贫乏的环境会影响小猴子的认知能力，因为笼子里没有任何物品或玩具，也没有任何一种来自环境的刺激。同时，那些猴子并不需要躲避掠食者或到处觅食（研究人员定期给它们喂食），因此似乎没有任何问题需要它们解决。然而，他发现这些猴子虽然每天生活在一个沉闷无趣、单调乏味的环境里，除了同类之外，什么都没有，但它们还是显得非常聪明，在认知能力上的表现也让人印象深刻。这使他感到颇为困惑。

汉弗莱在文章中写道：“后来有一天，我再次观察它们，看到一只已经断奶断了一半的小猴子缠着它的母亲，两只青少年猴子在打打闹闹，一只年老的公猴在帮一只母猴梳理毛发，另外一只母猴则试图悄悄地接近它。这时我突然有了新的想法：笼子里没有东西根本没关系，这些猴子拥有彼此，可以互相操控、彼此探索。它们的社交环境显然让它们有机会不断地辩论思考，因此它们的智力不至于停止成长。”

汉弗莱在文中表示，这样丰富的社交环境几乎等同猴子的“雅典学派”，而且需要用到独特的认知能力和社交方面的盘算。这些猴子

必须判断自己在群体中的行为可能会产生什么样的后果，并且评估其他猴子的状况。同时它们也得揣测其他猴子可能会有什么举动，掌握它们的社交关系（它们的优势、地位和竞争力），并衡量彼此互动的利弊。这些盘算都是“暧昧模糊而且经常变动的”，必须不时重新评估。这是一种“间谍对间谍”的社交游戏，可以促使它们发展出最高等的智能。他指出，社会性动物为了有效互动，非得成为“天生的心理学[103]家”不可。

如今，科学家们相信：许多鸟种在这方面并没有太大的不同，那些群居的鸟类必须挑选社交对象，安抚对方的怒气，并且避免和别的鸟类争吵。同时，它们也得密切注意其他鸟类的行为，以便决定自己要和它们合作还是竞争，要和谁沟通，要向谁学习等。此外，它们也必须能够认得其他许多鸟类，掌握它们的行动，回想这个或那个伙伴上次做了什么事，并预测它现在会怎么做。由于许多鸟种在社交上所面临的挑战和灵长类相同，因此它们的脑子或许也像我们一样，具有能够处理关系的构造。

有许多鸟种都表现出令人印象深刻的社交智能。以喜鹊为例，它们认得出自己在镜子里的影像。过去我们认为这种自我觉察能力只有人类和少数高等的社会性哺乳动物才有。当研究人员把一个红点放在6只喜鹊的喉部时，其中2只试图用脚把自己身上的红点抓掉，而不是对着镜子里的影像这么做。

非洲灰鹦鹉则很善于合作。在野外时，它们会成群栖息（一群可达数千只），结队觅食（一队约30只），并且和它们的伴侣维持终身的关系。它们很少独处，除非是在被关起来的时候。在实验室里，它们会联合解决问题，例如合力拉扯一条线，以便打开一只装有食物的盒子。此外，它们也了解互惠和分享的好处。只要知道人类朋友会回报它们的恩惠，它们宁可选择和人类一起分享食物，而非独自享用。

此外，有些鸟类（包括乌鸦在内）也经常会以赠送礼物的方式回报对方的恩情（这种互惠性的社会行为通常只有人类才有）。20年前，我初次听到一位世交提到她定期投喂的那些乌鸦会在她的门阶上放置一些弹珠、小木珠、瓶盖和彩色的莓果，作为送给她的礼物时，我其实不太相信。但近年来，全国各地都陆续有人发现乌鸦会给人类赠送珠宝、五金、玻璃碎片、圣诞老人的小雕像、泡沫做的玩具标枪[104]和唐老鸭造型的贝思牌糖果盒。有人甚至在情人节第二天收到一颗心形的糖果，上面印着“love”（爱）字样。2015年时，西雅图传出了一个8岁小女孩身上发生的故事，这个名叫加比·曼恩的小女孩从4岁起就在往返公交车站的途中喂乌鸦。后来她每天都用托盘装些花生，放在院子里给乌鸦吃。在花生被吃掉之后，盘子里偶尔会出现一些小

玩意儿，例如一只耳环、螺栓和螺丝钉、铰链、扣子、一根小小的白色塑料管、一根已经开始腐烂的螃蟹爪子和一小块印着“best”（最佳）字样的金属片等。加比最喜欢的是一颗乳白色的心，她把那些没那么“恶心”的东西收进塑料袋里，并在袋子上标示她收到每样东西的日期。

“送礼的行为显示乌鸦明白回报别人的恩惠会有什么好处，同时也显示它们预期将来会因此得到奖赏。”生物学家约翰·马兹洛夫和托尼·安杰尔在他们合著的《乌鸦的礼物》中写道，这是一项有计划的行动。这只乌鸦得先做好规划，才能把礼物带过来，并且把它留在那儿。”

乌鸦和渡鸦如果发现同类做同样的工作时得到的报酬比它们多，就会拒绝工作。这显示它们知道什么叫作“不公平”，这样的认知能力被视为人类之所以能够发展出合作形式的重要因素，但过去我们一直以为只有灵长类和狗具备这样的概念。

鸦科和凤头鹦鹉科的鸟类如果认为某项报酬是值得等待的，它们可以延迟满足。这是情绪智力的一种形式，需要有自制力、坚持度和自我激励能力。在这方面，它们所表现出来的意志力，并不亚于那些能够忍住不吃一颗棉花糖以便稍后能吃到两颗糖的小孩。奥尔施佩格和她在维也纳大学的研究团队发现，戈氏凤头鹦鹉在得到一颗胡桃之后，还愿意等待长达80秒钟的时间，以便能够吃到一颗更加美味的腰果。“这些凤头鹦鹉在等待期间，一直用喙衔住那颗胡桃，也就是说它们的味觉器官可以直接触碰到那颗胡桃。”奥尔施佩格说。这需要很高的自制力。（请想象一个孩子在等待一块巧克力期间，把一粒葡萄干含在嘴里的情景。）乌鸦们为了得到更棒的食物，甚至愿意等待好几105分钟。不过，如果等待的时间超过几秒钟，它们就会把得到的第一种食物放在看不见的地方。“它们之所以会这么做，是因为它们原本就有贮藏食物的习性，这是它们的生态中很重要的一部分。”奥尔施佩格解释。要延迟满足不仅需要有自制力，还要能够评估后来的那份奖赏是否值得它们等待。此外它们还要有能力判断发放奖赏的那个人是否可靠。这几种能力被认为是制定经济决策的必备要件，在人类以外的动物身上很少看到。

渡鸦有一种很高超的能力，可以记住和自己来往过的鸟类。渡鸦年幼时生活在所谓的裂变融合社会[7]中。它们在找到伴侣、建立地盘之前，会过着群体生活，和朋友及家人形成实用的联盟，并和它们所选择的特定个体分享食物、坐在一起（近到可以碰到对方的喙的程度），并且一起整理羽毛、一起玩耍。它们组成的群体并不像鸡那么固定，会随着季节与年月变动，时而分开，时而聚拢。因此它们面临

一个挑战——必须记住那些来来去去的伙伴。它们和从前的伙伴分开很久之后，还能否记得对方？

为了解答这个问题，维也纳大学的认知生物学家托马斯·布格尼亚尔最近做了一项研究，观察奥地利阿尔卑斯山上一个由16只年幼的渡鸦所组成的社群。科学家们从前一直认为，鸟类的长期社交记忆最久只能记住上一个繁殖季节的伙伴。但布格尼亚尔发现，那些渡鸦在和重要的朋友分开长达3年后，仍然能够记得对方。

值得一提的是：鸦科鸟类不仅能够辨认并记得其他鸦科鸟类的样子，也能够辨识并记住人类的模样。它们能够从一群人当中认出熟悉的面孔，尤其是那些对它们构成威胁的人，而且即使过了很久，仍然还能记得。不信你可以问问贝恩德·海因里希和约翰·马兹洛夫这两位科学家。海因里希曾经试着改变衣着（穿上和服、戴上假发和太阳眼镜等）和走路姿态（有时用单脚跳，有时假装腿瘸，好让他研究的那些乌鸦认不出他来），但它们并未上当。马兹洛夫则说，他走过华盛顿[106]大学的校园时，尽管置身于数千人当中，还是会被他从前所捕捉并套上脚环的那些短嘴鸦认出来。尽管事情已经过了好几年，但那些对他非常不满的乌鸦还是认得他，并且一看到他就会骚扰他，对他叫嚣。马兹洛夫最近在为这些乌鸦做脑成像检查时发现，它们辨认人脸时使用的视觉和神经回路与人类相同。

蓝头鸦（*Gymnorhinus cyanocephalus*）具有高明的社交推理能力，能够推知自己在群体中的地位。它们是非常热衷于社交活动的一种乌鸦，生活在数量庞大、成员固定的群体中，社会阶级严明，就像鸡一样。它们会根据第三者在群体中的关系，来判断自己应该如何对待一只不熟悉的蓝头鸦，应该对它强悍还是顺从。你可以这么想，假设你是一只蓝头鸦，有一只陌生的蓝头鸦（姑且称之为西尔维斯特）进入了你所属的群体。你看出和你同属一个群体的伙伴皮特的地位显然比它高，同时你也知道亨利的地位比皮特高。那么，亨利和西尔维斯特这两只乌鸦当中，谁的地位比较高呢？蓝头鸦能够根据陌生鸟类对待其他鸟类的方式，来推断它的社会地位，从而避免不必要的冲突和可能的伤害。这种能够根据间接证据判断彼此关系的能力叫作传递性推理，被视为一种高等的社交技能。

我喜欢松鸦。它们草率行事，喜欢争吵，奚落对方。我所在地区的冠蓝鸦以家庭关系紧密、社会制度复杂、头脑聪明著称，同时也出了名地爱吃橡实。它们有时会突然掀起一阵骚动，尖叫、玩笑，互相嘲弄和斥责像艾米莉·狄金森所说的如同蓝色的小猎狗一般吠叫。它们能以88%的准确率挑出肥美的橡实，也能数数（至少从1数到5）。此外，它们还能巧妙地模仿赤肩鵟（*Buteo lineatus*）刺耳的叫声，而它

们之所以经常这么做，或许是为了让其他鸟儿以为附近有一只猛禽，从而不敢来和它们抢坚果。难怪它们会成为奇努克人和美国西北岸107其他部落的骗子英雄。

东半球的一种鸦——松鸦——具有非常讨人喜欢的社交技巧。松鸦体色鲜艳，是聪明的鸦科家族的一员。雄松鸦似乎可以凭直觉猜到雌松鸦的心思（或至少猜到它的胃口），并送上它最想要的东西。

松鸦的学名*Garrulus glandarius*似乎说明了它们的性情。它们很聒噪，但并不像秃鼻鸦和寒鸦那样习惯在拥挤的群体栖息地筑巢并喜欢群居，而是宁可和伴侣双宿双飞。

松鸦就像其他许多鸦科鸟类一样会分享食物，但这只是为了赢得配偶的青睐。雄松鸦会挑选美味的食物送给雌松鸦，以此向它求爱。剑桥大学的列尔卡·奥斯托伊奇和她的同事最近利用松鸦这种特殊的送礼形式，探究它们是否能够了解其他鸟类（此处指的是它们的配偶）有自己的欲望与需求。这是一种高等的社交能力，被称为状态归因能力。

他们做了一项巧妙的实验，让雄松鸦通过屏风观看它们各自的配偶大吃一份特别的美食（它们一共可以吃两份）——蜡螟幼虫或面包虫（这些东西对你来说或许并非美味，但蜡螟幼虫可是松鸦心目中的黑巧克力），然后再让它们自行挑选要送什么给它们的配偶，是蜡螟幼虫还是面包虫。

鸟类就像人一样，喜欢变换口味。再美味的东西吃多了也会厌烦。这就叫作特定感觉饱足效应。这种感觉你应该很熟悉。比方说，你吃了太多奶酪，再也不想吃了，于是你就改吃水果。雌松鸦对食物的偏好，也会随着它的经验变动。所以雄松鸦必须掌握这些多变的喜好，因为如果它能给对方取回想要的食物，就能强化它们之间的连接。果不其然，当雄松鸦在实验中看到它的配偶所选择的虫子种类时，雄松鸦之后送给雌松鸦的，便是雌松鸦先前没吃的那种虫子。

不过或许那只是雄松鸦自己认为好吃的东西，如果雄松鸦看到雌松鸦吃蜡螟幼虫，并因此对这种虫子没什么胃口，这确实有可能影响到雄松鸦送礼时的选择。然而事实证明，无论雄松鸦看着雌松鸦吃哪一种虫子，都不会影响到雄松鸦自己进食时的选择。当雄松鸦没有机108会送虫子给它的配偶时，它会根据自己的喜好在两种虫子当中选择一种。当它能够和雌松鸦分享食物时，它又会跳出自己的喜好，看对方喜欢什么，仿佛它了解雌松鸦的特定感觉饱足效应，然后温文尔雅地送上雌松鸦喜欢的食物，就像一位先生为他的女伴端来一块她最

喜欢的巧克力蛋糕一样。

这或许和人类的状态归因能力（就是能够推断他人的内心状态和自己类似但并不相同的一种能力）不尽相同，但看起来已经相当接近。松鸦的行为显示出它能够了解它的伴侣的特定欲望处于什么样的状态（“她想要的是这个，不是那个。”），也能够了解雌松鸦的欲望和它并不相同（“虽然我刚刚才吃了一只蜡螟幼虫，但她并没有。”），同时还能够（也真的会做到）灵活地调整它分享食物的行为，以便满足伴侣特定的欲望。

“这些实验得到的数据很令人振奋，符合‘雄松鸦知道它的伴侣有自己的需求’这样的概念。”奥斯托伊奇表示，“不过我们还需要再做进一步的研究，以了解雄松鸦根据什么样的线索回应雌松鸦的特定感觉饱足效应。我们必须厘清雄松鸦是纯粹响应雌松鸦表现出来的行为特征，还是它能够利用那些行为特征来推断雌松鸦想要什么。”

雄松鸦有可能借着观察伴侣提供的暗示来推知它喜欢什么食物，这显示鸟类或许拥有所谓的心智理论中的一个要件，也就是了解他人有和我们不同的信念、欲望和观点的能力。

“认知他人有属于自己的欲望，不像认知他人有自己的信念那么困难。”奥斯托伊奇指出，“这是一个早期的阶段。要先具备这样的认知，人类才能够充分发展出推断他人心智状态的能力。如果雄松鸦真的了解雌松鸦想要什么，那么这将足以证明，除了人类之外，其他动物也具有这种认知能力。”

你如果问动物认知领域的专家，人类以外的动物是否具有推断对方心智状态的能力，不同的人会给你不同的答案。这些专家通常分成两个阵营：第一个是那些自称很扫兴的人，他们认为除了人类之[109]外，没有任何物种具有一丁点这样的能力；第二个就是那些赞同达尔文的说法的人，他们主张人类的心智和其他物种的心智在本质上并没有不同，只有程度上的差别。宾夕法尼亚大学的两位科学家——罗伯特·赛法特和多萝西·切尼就属于后者，他们认为即便是人类最复杂的心智理论能力，也源自潜意识中对他人的意向和观点的认识。至少西丛鸦似乎就具备这样的特质。

对鸟类而言，群居生活有很大的好处。因为这样一来，就会有更多鸟类和它们一起留意掠食者的攻击，一起觅食。此外，它们也会有很多机会互相学习。这意味着它们不必浪费时间苦苦思索应该如何敲开那颗坚果，也不至于傻傻地吃下有毒的莓果。它们可以模仿其他鸟类的好点子，并跟着同类前往最丰饶、最安全的觅食处。举例来说，

秃鼻鸦和渡鸦会依靠群体中的其他成员找到食物密集之处，并且会成群聚集在食物特别丰富的地方。

根据露西·阿普林的说法，山雀会利用它们的“关系网”寻找食物，也会仿效其他鸟类取得食物的策略。这些信息会在不同的群体之间散布开来，甚至跨种群传播。阿普林是牛津大学的研究员，她研究的课题是怀特姆森林里的大山雀的社会行为。为了了解这些鸟类的社交网络和交往的状况（它们的“脸书”），她和她的同事们在这些山雀身上装了微型的电子追踪器，跟踪它们前往各个喂食站的情况。同时，他们也利用一种测量鸟类的大胆程度和探索行为的测验来评估每只鸟。

值得一提的是，鸟类确实是有个性的。由于“个性”一词有将它们拟人化的嫌疑，有些科学家并不喜欢使用该词，宁可以“气质”、“应对方式”或“行为特征”之类的名词来描述。但无论如何称呼它，每只鸟在不同的时间和环境之下确实会表现出固定一致的行为模式，就像人类一样。同样是鸟，有的大胆，有的温驯，有的好奇，有的谨慎，有的很沉着，有的很神经质，有的学习能力很强，有的就很迟钝。阿普林解[110]释：“个性上的不同，反映在了每只鸟对风险的响应方式上。”

科学家们最近发现，山雀确实有个性上的差异。这有助于说明为什么我们在院子里的喂食器里装满饲料之后，会发现那些飞过来觅食的鸟类反应各不相同。有的非常霸气，会把所有的饲料占为己有；有的则是小心翼翼地在一旁观望。有些山雀很大胆，勇于探索、草率鲁莽；有的则较“迟钝”、谨慎、仔细。人类有多种多样的性格，这一点我们都视为理所当然。为什么其他动物就不能有个性上的差异呢？

阿普林的团队所做的研究，不仅发现个性相似的鸟类会聚在一起，也发现比较大胆的鸟类会加入几个不同的群体，扩大它们的社交网络的规模并取得更多有关食物来源的信息。“这一点在冬天时尤其重要，因为这时鸟类能否找到新的、好的食物来源，攸关它们的生死存亡。”阿普林表示，“不过这种行为也有风险，因为它会让鸟类更容易受到掠食者的攻击和疾病的感染。”这或许是有些鸟类一直很胆怯的原因之一。此外，阿普林的研究小组还发现，不同种的山雀［包括大山雀、青山雀和沼泽山雀（*Parus palustris*）］会分享有关食物的消息。“沼泽山雀最会提供消息，”阿普林指出，“在这方面，它们可以说是关键物种。”

瑞典和芬兰的学者所做的研究显示，除了食物之外，鸟类也可能从其他鸟种那里得知有哪些地方适合居住。研究人员找了一个同时有山雀和姬鹟（一种候鸟）筑巢的地方，给那里所有的巢箱分别做上两种记号（白色的圆圈或三角形），结果发现，到了筑巢季节时，那些

来得较晚的姬鹟，会选择在那些和山雀的筑巢地有着同样记号的巢箱内筑巢。

换句话说，群居性的鸟类能够利用其他鸟类（包括它们的父母、
111同类乃至其他鸟种）所提供的信息。科学家们相信这样的行为不仅使某些鸟类在生存繁衍的竞争中取得优势，也可能有助于它们演化出比较大的脑袋。

事实证明，鸟类很善于向它们的伙伴学习。

让我们回想一下20世纪初期那些学会打开牛奶瓶盖子的知名英国山雀。其他山雀后来也相继学会了这样的把戏，于是到了20世纪50年代，整个英格兰地区的牛奶瓶都遭了殃。为了了解它们的学习过程，阿普林和她的同事们设计了一项巧妙的实验。他们让怀特姆森林中的大山雀学会一些新的行为，然后看这些行为如何逐渐传播开来。

研究小组把几只鸟抓到实验室，训练它们解决一项简单的觅食问题。这些鸟必须把一扇拉门往右边或左边推，才能进入一个藏在拉门后面的喂食器。实验人员训练其中几只往右推，另外几只则往左推，之后便将它们统统放回树林里，并在树林中放置这类有拉门的喂食器，同时在喂食器上安装经过特殊设计的天线，以侦测这些山雀身上佩戴的微型电子追踪器，从而记录每一只鸟的到访情况。

结果非常令人瞩目。那些受过训练的鸟一直保持着它们在受训时的习惯，持续将拉门往同一个方向推。过了几天，研究人员就发现每一个地区的鸟类都陆续出现了同样的行为，并且迅速通过社交网络把它传给该区大多数的鸟类。就算有某只鸟发现，它往另外一个方向推，也可以得到同样的奖赏，它还是会依照当地的习惯来做。那些原本习惯往左推的鸟类在迁移到树林中一个习惯往右推的地区之后，也会入乡随俗，改为往右推。看来鸟类就像人类一样，也喜欢从众。阿普林指出，过了1年后，那些鸟还是记得它们所习惯的方式，“即使到了它们的下一代，这样的习惯仍旧没有改变”。

研究人员表示，这种社会性的学习模仿同区伙伴的行为可能是一
112种快速而廉价的方式，无须通过可能会有风险的摸索尝试过程，就能获得新的、有用的行为“。根据内尔吉·布格特的说法，这是第一次有实验证明不同地区的鸟会把它们所学到的不同的进食方法传给下一代。过去我们一直认为只有灵长类会这样”。

社会性学习显然在鸟类的生活中扮演了一个很重要的角色，而且其影响范围不仅是在进食方面。雌斑胸草雀（*Taeniopygia guttata*）会

向其他雌鸟学习如何选择交配的对象。假设一只尚未交配过的雌鸟看到另外一只雌鸟和一只戴着白色脚环的雄鸟交配，之后，如果它面前有两只陌生的雄鸟（一只戴着白色的脚环，一只戴着橘色的脚环）可供它选择，它会选择戴着白色脚环的那一只。

此外，鸟类也会互相学习如何辨识掠食者，或那些可能对它们造成威胁的事物。你可能会以为对掠食者（例如一只猛禽或蛇）做出反应是鸟类与生俱来的本能。事实上，它们也的确会对一些危险做出本能的反应，但是在面对从未见过的危险时，模仿同伙的行为是很管用的。有一项实验显示，欧乌鸫（*Turdus merula*）在看到其他乌鸫围攻澳大利亚吸蜜鸟后，也学会围攻这种通常无害的鸟。

鸟类也是以类似的方式学会如何对待那些巢寄生鸟类。以华丽细尾鹩莺（*Malurus cyaneus*）为例，年幼的华丽细尾鹩莺最初看到金鹃时无动于衷。但是，在它们目睹其他华丽细尾鹩莺骚扰那些金鹃的情景后，它们再看到金鹃时，叫声就会变得和从前不同。它们会发出哀鸣和警告声通知同类前来围攻这些金鹃，自己也会去攻击它们。

过去5年间，马兹洛夫和他在华盛顿大学的研究团队做了一系列精妙的实验。结果他们发现，短嘴鸦不但很善于辨认人脸，还能够把有关它们心目中的危险人物的消息传给其他乌鸦。在其中一项实验中，研究人员分成几组，戴着不同款式的面具在西雅图的几个社区里[113]闲逛（包括华盛顿大学的校园），而且每一组当中都有人戴着象征危险人物的面具（在校园里，他们戴的是穴居人的面具）。那些戴着危险人物面具的人抓了好几只野生的乌鸦，其他人（其中有些戴着象征中立的面具，有些则没戴面具）则只是闲逛，并未做出任何伤害乌鸦的事。

9年后，这些研究人员再度回到犯罪现场，结果那些社区里的乌鸦，包括当年尚未出生的，都将那些戴着危险人物面具的人视为威胁，成群地朝着他们俯冲下来，对着他们叫嚣并围攻他们。显然，当年目睹捕捉事件的乌鸦，以及后来参与围攻的乌鸦，都还记得哪些面具代表危险，并且告诉了其他乌鸦，包括它们的后代在内。这项消息甚至传到了距离那些社区约0.5英里（约805米）的地方（或许是通过乌鸦的信息网络传播的），以至连那里的乌鸦都会围攻那些戴着危险人物面具的人。

通过观察或模仿的方式学习是一回事，但通过老师的教导学习，则又是另外一回事。200多年前，康德曾宣称："人类是唯一需要教育的生物。"这样的观念（"教导是人类独有的社会性学习形式"）一直延续到现在。如今还是有人怀疑，除了人类，是否有任何动物会教导其

他个体。这派人士认为，要进行真正的教学，需要具备“有先见之明”“有意向性”“明白另一个人是无知的”等认知能力，以及心智理论的其他方面，而别的动物并没有这样的认知能力。

但越来越多的证据显示，除了人类之外，有些动物也有某种形式的教学。以狐獴为例，它们似乎会教导后代如何应付难缠的猎物，例如蛇或蝎子（二者都有足以杀死人类的神经毒素）。成年的狐獴会把那些已经死掉或残废的猎物（例如头部或腹部被咬了一口的蝎子）拿给年纪最小、最没经验的后代。但是当小狐獴渐渐长大时，成年狐獴会开始给它们活的猎物，而且随着时间的推移，它们给的猎物会越来114越难以处理。把一只蠕动不停、有可能会爬走的蝎子或蛇拿给一只毫无经验的小狐獴，或许会导致老师和学生损失一顿饭，但这样的努力最终会使小狐獴发展出狩猎和处理棘手猎物的能力。事实上，连蚂蚁都懂得教学。科学家们已经观察到，有经验的蚂蚁在带领新手蚂蚁从蚁穴走向食物源时，会在路上停下来，让它的学生探索地标，并且会等到学生用一根触角轻轻地碰它一下时，才继续往前走。

然而，有关动物的教学行为的可信例子还是很少见。这是斑鸫鹛（*Turdoides bicolor*）那明显的教学行为如此吸引人的原因之一。

斑鸫鹛是一种惹人注目的鸟，它体色雪白，翼羽和尾羽呈黑巧克力色，生长于非洲南部的灌丛和热带稀树草原。它们的家庭组织规模小而紧密，约有5到15名成员，非常喜欢交际，也很絮聒，这一点颇像哺乳类的狐獴。它们的名字在南非荷兰语中意为“白色的笑猫”，因为它们很吵，而且经常集体发出“chuch-chuck”或“chow-chow-chow”的声音。它们偶尔会离开群体，但绝不会走远，在觅食、理毛、打闹和休息时，则一定是成群结队。一只斑鸫鹛飞起来时，其他几只也会跟着一起飞。

“斑鸫鹛研究计划”的首席研究员阿曼达·里德利在南非南部的卡拉哈里沙漠研究斑鸫鹛。斑鸫鹛会合作繁育雏鸟。在一个家族中地位最高的是一对已经产卵的雄鸟和雌鸟，其他几只成鸟没有产卵，但仍然会协助它们繁育和照顾下一代。这对占支配地位的鸟无论在社交生活还是交配方面，都是采取单配制，这在鸟类中是很罕见的。在斑鸫鹛的各个群体中，95%的雏鸟都隶属于这对鸟，不过群体中的所有成鸟都会疼爱雏鸟，帮着孵化、喂食和照料它们。负责繁殖的这对鸟如果没有后代，就会从另外一个群体绑架一只小鸟回来，当成自己的孩子抚养。

115斑鸫鹛在醒着的时候，95%的时间都是在地面的落叶中寻找甲虫、白蚁、昆虫的幼虫和会挖地洞的石龙子。对它们来说，背朝上

埋头觅食是一件很危险的事，因为四周可能有非洲野猫、草地貂獴、黄金眼镜蛇、鼓腹巨蝰、斑雕鸮（*Bubo africanus*）和淡色歌鹰（*Melierax canorus*）等掠食者对它们虎视眈眈。于是它们便轮班放哨，值勤者放弃自己觅食的机会，为整个群体站岗，以防陆地上或天空中有灾祸降临。负责警戒的斑鸫鹛会栖息在一个可以俯瞰觅食伙伴的空旷地点，密切地守望，在必要时会重复发出“吱吱吱”的刺耳警告声，同时还会以“守望者之歌”的形式，不停地将四周的动静告知群体。

有些聪明的鸟类也会利用斑鸫鹛周密的哨兵制度。有一种名叫弯嘴戴胜（*Rhinopomastus cyanomelas*）的非群居性小鸟就会窃听斑鸫鹛的哨兵所发出的警告，可以说是“公共信息寄生虫”。它们会在斑鸫鹛觅食期间待在附近，注意聆听后者的警报。这样一来，这些独来独往的弯嘴戴胜就不需要那么小心翼翼地提防外敌，得以花更多的时间在更多的地方觅食，并找到更多的食物，甚至可以大胆进入空旷的地方，而不必担心受到掠食者的攻击。相比之下，叉尾卷尾（*Dicrurus adsimilis*）的作风就没有这么斯文了。这种鸟非常聪明，善于模仿。它们会模仿斑鸫鹛和其他鸟类的声音，发出假的警报，让那些不知情的斑鸫鹛为了逃命，赶紧把口中的面包虫丢下，然后它们再跑过去把食物抢走。有时它们甚至会当着斑鸫鹛的面就这么做。里德利和她的研究小组最近发现，叉尾卷尾之所以能骗过斑鸫鹛，正是因为它们会轮番更换发出的警报声，使那些斑鸫鹛难以鉴定虚实。

对斑鸫鹛来说，站岗是件有风险的工作。因为哨兵比觅食者更容易成为掠食者（尤其是隼和鹰）下手的目标。不过对所有斑鸫鹛而言，生命原本就充满了不确定性，因此它们才要进行教学。

里德利和她的同事妮古拉·赖哈尼发现，在小斑鸫鹛羽翼丰满、可以离巢的前几天，成鸟把食物带回巢内时，会开始发出轻柔的“呼噜”声，并且轻轻地拍动翅膀。这就是训练期：“呼噜”声代表食物，成116鸟只有在幼鸟快到可以离巢的年纪时，才会开始发出这种叫声。“当幼鸟已经习惯把这种叫声和食物关联时，成鸟就可以一边拿着食物，一边发出这种声音，引诱幼鸟上钩。但除非小鸟有适当的回应，它们不会真的把食物拿给小鸟吃。”里德利指出，“幼鸟会试着去拿食物，但成鸟会退到巢外它够不着的地方，以此强迫雏鸟跟过来。这种用饵食引诱小鸟的策略，似乎是双亲‘强迫’雏鸟离巢的一种方式。”这很重要，因为当雏鸟越来越大时，在巢里受到掠食者攻击的可能性就越来越大。

雏鸟离巢后，成鸟会用这种特殊的叫声指引它远离危险并前往良好的觅食地。这听起来简单，但实际上有点复杂，成鸟所做的并非教

导雏鸟一件简单的事，例如一个觅食地点的确切位置。因为斑鸫鹛觅食的地点每天都不一样，所以这样做是没有什么用处的。因此，它们要教导雏鸟具备哪些知识。例如，猎物丰富，且距离掠食者很远的地方，才是一个良好的觅食地。此外，它们在掠食者靠近时叫小鸟离开不安全的地方，就是在教导小鸟遇到威胁时应该如何应对。里德利表示："因此，在小鸟离巢后，这种叫声有两个作用：一个是让小鸟知道什么样的地方才是良好的觅食地，另一个则是教它们如何有效地避开掠食者。"雏鸟也不光是被动地学习，根据里德利和她的同事们所做的研究，它们会运用至少两种很巧妙的策略增加所得到的食物的分量。首先，它们并不是什么鸟都跟，而是会选择跟在那些称得上捕猎能手的成鸟后面。其次，它们肚子饿的时候，会跑到比较危险的空旷场所，以此进行"勒索"，迫使成鸟更频繁地喂它们。当吃饱后，它们就会待在树上有树叶掩蔽、比较安全的地方。

斑鸫鹛是否因为拥有高等的认知能力才能进行这样的教学行为，目前尚无定论。这些教学行为或许只是一些很简单的步骤，就像狐獴的教学行为有一部分似乎是偏向反射性的反应一般。狐獴所表现出的教学行为或许只是它们对孩子在成长的各个阶段所发出的乞求声所做的本能回应罢了。年幼狐獴的叫声显示它们想要已死的猎物，117较大的狐獴的叫声显示它们要活的猎物。但正如里德利指出的那样，"斑鸫鹛的教学行为和狐獴不同，狐獴表现出来的比较像是机会教育（就是老师把学生放在一个有助于它学习一项新技巧的情境中），而斑鸫鹛则比较偏向'训练'（老师直接改变学生的行为）。斑鸫鹛的教学行为有可能是反射性反应的产物。我们不能完全排除这个可能性，因此还需要做更多的研究。不过，目前看起来，它们要进行这样的训练，必须具备几种认知能力才行"。

里德利猜想其他几种鸟类——例如阿拉伯鸫鹛（*Turdoides squamiceps*）、白翅澳鸦（*Corcorax melanorhamphos*）、西丛鸦和白眉丝刺莺（*Sericornis frontalis*）——的成鸟在带着幼鸟觅食时，也会教它们如何找到食物。"我有一些同事已经发现他们研究的鸟种有这样的行为。"她说，"因此这类教学行为或许比我们目前所知道的更为普遍。"

科学家们已经发现，有许多种鸟类都在它们的社交生活中展现了这类令人惊讶的智能。他们原本预期鸟类群体的规模和它们的脑子大小会有所关联，但并未发现这方面的证据。

根据社交智能假说，生活在大型社群中的动物面临复杂的社交压力，因此会有较大的脑袋。牛津大学的人类学家及演化心理学家罗宾·邓巴[8]比较了各种灵长类的脑部大小时，发现那些生活在较大型社群

的物种确实拥有比较大的脑子。就猴子和猿而言，一个物种的脑子大小和它的群体规模成正比。就灵长类而言，群体的规模越大，社交关系也就越复杂。而这可能会导致较高等的认知能力。

最近有一项计算机仿真实验的结果为这样的论点提供了一些模拟的证据。这项实验是由都柏林三一学院的一群科学家所设计的。[118]他们把一些人工神经网络当成“迷你脑”，用它们建立了一个计算机模型。这些“迷你脑”能够繁殖，也会演化（它们会随机产生突变，以至于有一些新的元素会进入它们的小小网络）。如果这些新元素对整个网络有益，网络就会变得更加聪明，而且还可以再度繁殖。因此它们会变得越来越聪明。当科学家们设定了程序，让这些“迷你脑”解决一连串必须互相配合才能完成的困难任务时，它们便“学会”一起合作，当这些“迷你脑”变得越来越“聪明”时，它们合作的速度就变得越来越快，而且也逐渐面临必须扩大脑容量的压力。这项实验的结果支持了以下论点：复杂的社群互动关系（如合作），使我们的灵长类祖先面临物竞天择的压力，因此才演化出较大的脑袋和高等的认知能力。

然而，邓巴和同事在观察鸟类与其他动物之后发现，“社群越大，脑袋越大”的说法并不成立。脑袋较大的那些鸟类，并非生活在大规模的群体中。相反，它们喜欢紧密的小团体，而且大多终身维持着单配偶的关系。

对鸟类而言，强化关系的质量似乎比增加关系的数量更需要用到脑力。它们所面对的挑战并不是记住种群中成百上千只鸟的特征，或处理许多非正式的关系。真正困难的任务——至少从心理或认知层面来看——是和其他鸟建立紧密的关系，尤其是在和配偶的结合以及对子女的长期照顾这两方面。

我们都曾面临这样的挑战：在规划一天中要做的事情时，我们要和配偶商量、请教、协调、妥协，并考虑他/她的需求。

鸟类也是如此。

大约80%的鸟类施行社会性单配制。也就是说，它们在整个繁殖季甚至更长的时间里，都是和同一个伴侣在一起。相较而言，只有3%的哺乳动物采用社会性的单配制，二者有着天壤之别。这主要是因为喂饱雏鸟很不容易，需要双亲通力合作。晚成鸟的双亲尤其辛苦。双[119]亲若不能合力照顾，幼鸟很少能够活到离巢的年纪，因此需要共同承担育雏责任。它们要一起孵蛋、一起喂养并保护后代，就必须细心地互相配合。这意味着它们必须体察伴侣的脾气、需求，以及对方每天在行为上的变化。

根据生物学家内森·埃默里里的说法，和一个伴侣建立这样密切的关系，需要用到一种特殊的认知能力，即关系智商。它指的是能够察觉伴侣所发出的微妙的社交信号，适当地予以回应，并且运用这些信息预测对方行为的能力。而这需要具备可观的智商才行。

有些鸟类会通过华丽而协调的肢体语言或声音，强化彼此之间的联系。例如，秃鼻鸦的雄鸟和雌鸟会同步鞠躬并张开尾羽。淡尾苇鹪鹩（生活在安第斯山云雾林深处的一种害羞的黄褐色小鸟）的雄鸟和雌鸟则会以很快的节奏合唱两个交替的音节，而且二者配合得很好，听起来就好像只有一只鸟在唱歌。它们的二重唱是一种复杂的听觉上的探戈，需要二者高度配合才能完成。它们也可以独自鸣唱，但是当它们这么做的时候，它们会把音节与音节的间隔拉长，而这些间隔正是它们的伴侣通常会插入一个短短的音符的地方。这显示它们都知道自己在唱歌时所要负责的部分，但同时也会根据伴侣发出的声音来决定该在什么时候唱，如何唱等。这很像是双方在交谈，要进行如此默契的二重唱，它们必须非常了解自己的伴侣，因此这或许显示了它们的关系之紧密，以及它们对彼此的承诺。

虎皮鹦鹉（*Melopsittacus undulatus*）雄鸟会巧妙地模仿伴侣的“召唤声”（这是雌鸟在飞行、喂食和从事其他活动时，用来和伴侣联络的特殊叫声），以显示它对雌鸟的承诺与支持。这种澳大利亚小鹦鹉奉行单配制，但也很爱交际，喜欢一大群聚集在一起。虎皮鹦鹉找到[120]对象之后，只要相处几天，雄鸟就能够极其逼真地模仿雌鸟的召唤声，发出和它一模一样的声音。而雌鸟也会根据雄鸟模仿的准确性来判断它追求的诚意，以及它是否适合作为配偶。加州大学欧文分校的南希·伯利在研究这些虎皮鹦鹉之后认为，这可能是鹦鹉演化出学舌能力的原因。因为它们必须快速地学会并模仿新的声音。“这也可以说明，为什么那些养鹦鹉当宠物的人认为‘最会讲话’的鹦鹉通常是雄鸟，它们往往在很小的时候就被买来，并且被独自关在笼子里，接触不到同类。”伯利等人在论文中指出，“在这种情况下养大的虎皮鹦鹉，可能对人产生了铭印效应，并因此对人类求爱。”

鸟类在从事社交活动时，大脑里究竟产生了什么样的变化？为什么有些鸟会建立紧密的伴侣关系，有些鸟却不会？为什么有些鸟喜欢独来独往，有些鸟却像交际花一般喜欢与人往来？

为了解答这些问题，已故的詹姆斯·古德森深入研究了鸟类的脑部。古德森是印第安纳大学的生物学家，但不幸在2014年因癌症而英年早逝。他研究了鸟类在群聚时神经回路所发生的变化，想以此了解鸟类之所以会决定和谁交往，以及要加入规模多大的群体，究竟是受到怎样的大脑机制的影响。

根据古德森的研究，鸟类大脑内控制社会行为的回路和人类很像。这些回路非常古老，是所有脊椎动物共有的回路。早在大约4.5亿年前，鸟类、哺乳动物和鲨鱼的共同祖先就已经有了这样的回路，形成这些回路的神经元会对一组名叫九肽的古老分子起反应。这些分子原本是古时的“两侧对称动物”（我们的祖先）用来调节产卵机制的元素，但后来演化出社交方面的功能。古德森发现，鸟类社会行为之所以会不同，是因为与这些分子有关的基因在表现上有微妙的差异，人类的情况很可能也是如此。[121]

人脑中的九肽被称为催产素和升压素，催产素是由脑内的下丘脑负责制造，号称爱情激素、爱抚激素或信任激素，甚至被称为“道德分子”。就哺乳动物而言，催产素在分娩、泌乳和母婴联结上扮演了关键性的角色。20世纪90年代初期，神经内分泌学家休·卡特指出，催产素同样有促进夫妻联结的功能。她和其他一些研究人员发现，终身配对的草原田鼠身上的催产素，比其他无固定伴侣的田鼠高。

最近的研究显示，黑猩猩在分享食物时所分泌的催产素，会比互相梳理毛发时更多。这或许证明那句格言是对的：“要打动你的爱人的心，必须通过她的胃。”（雄松鸦会留意伴侣喜欢吃什么食物，或许正是因为这个缘故。）

实验证明，催产素能够减轻人类的焦虑，并提高他们的信任感、同理心和敏感度。举例来说，近年的研究显示，如果让一个运动队的成员吸入一定剂量的催产素，他们会更愿意合作。这样的做法也会使人们在玩角色扮演游戏时，变得更慷慨大方，更信任别人。此外，催产素可能也会增进男人大脑内对伴侣的吸引力所产生的奖励反应，让他们觉得自己的伴侣比其他女人更有魅力，从而增进彼此之间的爱情。

鸟类也有类似的神经激素，名为鸟催产素和加压催产素。这几年来，古德森和他的同事马西·金斯伯里带领着一个研究小组探索这些肽对群体规模各异的几种鸟类的影响。

以斑胸草雀为例，这种体形小巧的群居性鸣禽通常会和伴侣形影不离，并且会成百上千只聚集在一起。但古德森等人发现，如果他们让这种鸟脑内的鸟催产素无法发挥作用，它们和伴侣以及笼内的伙伴在一起的时间便会减少，而且还会避开大型的群体。相反地，如果给它们更多的鸟催产素，它们就会变得更加喜欢社交，并且会更愿意亲近自己的伴侣及笼内的其他伙伴，也会更乐于加入较大的群体。

古德森决定找出群体规模不同（大群或小群）的鸟类大脑中这些

122肽的受体所在的位置。因为这些受体的密度和分布位置，或许是有些鸟比较喜欢群居，有些鸟则不大喜欢的关键所在。他的研究对象包括梅花雀科的鸟类（此科鸟类数量庞大，共有132种，包括草雀、禾雀、梅花雀和文鸟），这些鸟的生态习性和交配对象都很相似，也都施行单配制，终身配对，而且夫妻会合作抚养后代。不过，它们的群体规模却差异很大。古德森不远万里跑到南非，找到了三种梅花雀科的鸟类，其中两种——绿翅斑腹雀（*Pytilia melba*）和紫耳蓝饰雀（*Uraeginthus granatinus*）不喜欢交际，只爱成双成对地出入。而另一种鸟——安哥拉蓝饰雀（*Uraeginthus angolensis*）则会适度交际。此外，他还找到两种高度群居性的鸟类，它们分别是斑胸草雀和斑文鸟（*Lonchura punctulata*），后者是生长在亚洲热带地区的一种漂亮的栗色小鸟，常常几千只聚在一起。有一个实验室将它们称为雀中的“嬉皮士”或“和平主义者”，因为这些鸟未表现出任何攻击性。

可想而知，古德森找出这些肽（其作用类似于催产素）的受体在鸟脑中所在的位置时，他发现不同的鸟之间存在惊人的差异。热爱社交活动、喜欢成群结队的斑胸草雀和斑文鸟在背外侧膈膜（脑内与社会行为有关的重要部位）的鸟催产素，远多于那些比较孤僻的雀类。

古德森和他的同事詹姆斯·克拉特很好奇，这些类似催产素的肽，是否也在鸟类的夫妻联结中扮演重要角色。于是他们再度检视斑胸草雀的大脑。

当你看到两只斑胸草雀并肩栖息、彼此跟随、互相理毛，或一起坐在巢里时，你就知道它们已结成一对。古德森等人发现，当他们阻断这些斑胸草雀脑内肽的作用时，它们就不会表现出这种正常的配对行为。显然只有在它们脑内的肽发挥作用的情况下，它们才会正常地结为配偶。

许多研究表明，催产素可能在人类身上扮演了类似的角色。以色列巴伊兰大学的心理学家鲁思·费尔德曼在一项研究中发现，人们体内催产素浓度的高低关乎他们的爱情的寿命。体内催产素浓度较高的伴侣，彼此之间的关系能够维持得比较持久。

然而，正如马西·金斯伯里所言，科学家们已经逐渐不再把人体123内的催产素以及鸟类身上的类似激素视为单纯的“爱抚分子”。她指出，近年来科学家们在研究雀类之后发现，在不同的情况下，这些所谓的爱情激素，“事实上也有可能导致攻击性行为，甚至削弱配偶之间的关系”。人类是否也有这样的状况？目前尚无定论，但金斯伯里等人认为，鉴于每一个纲的脊椎动物所分泌的这类激素的构造和功能都很类似，这是很有可能的。事实上，科学家们针对人类伴侣所做的

几项研究显示，情况和我们所预期的正好相反，催产素和一些负面的情绪（例如焦虑和不信任）是有关联的。

金斯伯里等人认为，没有一种神经化学物质能对大脑和身体发挥绝对良好或有利于社交的作用。无论在鸟类还是在人类身上，这些激素是否能影响社会行为，似乎要看环境和个体的差异。

即便是已经配对、爱抚激素分泌旺盛的鸟，也不见得对伴侣忠心耿耿。根据新墨西哥大学生物学家莱恩农·韦斯特的说法，这或许是有些鸟类那么聪明的另一个原因。韦斯特认为，鸟类之所以变得聪明，并不只是因为它们得设法维持和伴侣的关系，也因为它们面临着“一个复杂的情况：一方面要和配偶维持良好的关系，另一方面又要和配偶外鸟类交配”。她称呼这个现象为“两性之间的军备竞赛”。

几十年前，科学家们都以为鸟是标准的只有一个性伴侣的动物。在诺拉·艾芙隆所制作的电影《心火》中，女主角对她的父亲抱怨丈夫花心时，她的父亲的反应是：“你想要一夫一妻的婚姻吗？去嫁一只天鹅吧。”但是经过科学家们多年来的田野观察，再加上“分子指纹”鉴定技术的发明，我们现在已经知道天鹅并非终身只有一个性伴侣，大多数鸟类亦然。通过分析DNA，科学家们已经发现大约有90%[124]的鸟类有“婚外情”。一个鸟巢中可能有高达70%的雏鸟，并非由照顾它们的雄鸟所生。已经配对的鸟类或许在行为上维持配对关系，但在性方面却很少如此。因此它们并非天生就是奉行单配制的。如果韦斯特说得没错，这可能也是鸟类之所以演化出更高智力的因素之一。

以云雀（*Alauda arvensis*）为例，这种产自东半球的鸟生活在欧亚大陆那些宽阔的草原、沼泽和荒原上，以能够一边飞行一边唱出极长、极复杂的歌曲（有时多达700个不同的音节）而闻名。云雀通常施行社会性单配制。雄鸟虽然不会帮忙筑巢或孵卵，但雏鸟所吃的食物有一半都是它们抓来的。在小鸟羽翼丰满后，这个比例更高。然而，科学家们发现云雀的巢内有20%的雏鸟基因都和照顾它们的那只雄鸟无关。

很明显，杂交行为对雄鸟有利。性伴侣越多，意味着子嗣也越多。但雌鸟呢？如果巢中有太多小鸟都不是雄鸟的孩子，它可能就不会照顾它们了。雌鸟为什么要冒这种风险呢？

这方面的理论很多。目前流行的观点认为，雌鸟之所以会和其他雄鸟交配，是为了使后代的基因更多元化（这应该可以提高小鸟们的存活率，只要照顾它们的雄鸟没有发现孩子不是它的），也可能是为了获得比它目前的伴侣所能提供的更好的基因。

关于雌鸟为何要有“婚外情”，行为生态学家茱迪·斯坦普斯提出了另外一个假说——重新配对假说，可类比于离婚之后再结婚。她认为，雌鸟之所以会和其他雄鸟“约会”，可能是想看看对方的地盘如何，会不会照顾孩子等。如果雌鸟看上的那只雄鸟哪一天失去或抛弃了伴侣，并且想找一只雌鸟来替代，它很可能就会找它已经熟悉而且对它很殷勤的这只雌鸟。因此雌鸟和雄鸟偷情的行为不仅可以让它自己变成第一候选，还可以让它得知雄鸟是否可以成为一个好爸爸、好丈夫，以及雄鸟的资产多寡等。

在这方面，挪威大学的两位生物学家提出了一个新的理论。他们认为雌鸟的“婚外情”会促使整个社区合作得更好。“雌鸟之所以能够125从中获益，是因为这种行为会使雄鸟们不只照顾某一窝雏鸟，也会照顾整个社区的鸟窝。因为别的鸟窝里可能也有它们的子嗣。”两位学者指出，这种现象可能会产生好几个正面的效应，例如雄鸟会减少入侵同类地盘的行为，同时会倾向于集体防御掠食者。［这种说法和先前针对红翅黑鹂（*Agelaius phoeniceus*）所做的几项研究不谋而合。这些研究发现，当雌鸟拥有“非婚生子女”时，它的后代很少挨饿，鸟巢也不大会受到掠食者攻击。这可能是因为幼鸟的亲生父亲会帮忙保护鸟巢。］简而言之，雌鸟“不把所有蛋放在一个篮子里”的行为会增进公共利益，使整个社区更加安全，更有生产力。“身为母亲，雌鸟当然会照顾自己的后代，但雄鸟则不确定哪些幼鸟是自己的（或许好几个鸟巢里都有它的后代），因此它们会致力于社区的福祉和公众的利益。”两位挪威科学家表示。换句话说，对一只雌鸟有利的事，也对当地的雌鸟和雄鸟都有利。

但正如演化生物学家南希·伯利指出的那样，雌鸟的婚外情行为不太可能只有单一的原因。她表示：“雌鸟之所以会和自己的伴侣之外的雄鸟交配，在不同种类的鸟类当中，原因或许各不相同。在同一种鸟类中，想必也和每只雌鸟的个体状况有关。”

无论如何，雄鸟和雌鸟显然都会出轨，但它们也都努力维持和伴侣的关系并抚养后代。在韦斯特看来，这种双面的生活或许就是“社会性单配制”的鸟类脑袋如此之大的关键因素。它们在维持伴侣关系的同时，还要不时搞婚外情，以至于它们的社交生活变得很复杂，也导致了韦斯特所谓的“两性间的认知能力竞赛”。

试想，一只雄鸟要积极看管自己的伴侣，以防它有外遇，与此同时，自己还要设法偷溜出去和其他雌鸟交配，真得要花点脑力才行。以云雀为例，雄鸟在自己的伴侣产卵之前，必须严密地看守鸟巢，以防126止外来者和雌鸟交配。除此以外，它还有一项重要的工作，即捍卫自己的地盘。因此，即便是在看守自己的伴侣期间，它还是要继

续表演在空中高歌的惊人特技（这样的动作是在宣示“这个地方是我的”），包括在空中振翅、滑翔、盘旋和俯冲。特技可能延续好几分钟，而且通常是在高度超过600英尺（约183米）的空中进行。在这么做的同时，还得找时间、找机会和其他雌鸟约会，得需要有些谋略才行。

至于雌鸟，它们也必须有相当的认知能力，因为它们既得溜出去约会，又要评估外遇对象的基因或条件，还得记住回家的路。事实上，在非婚生子女较多的鸟类中，雌鸟的大脑都比雄鸟大。在非婚生子女较少的鸟类中，情况正好相反。鸟类在努力维持长期的伴侣关系的同时还设法搞外遇，导致的结果便是，雄鸟和雌鸟的脑袋都变大了。

还有一种竞赛也可能是导致鸟类智力增长的因素，那便是窃取食物的竞赛。

我们仍然以松鸦为例，不过这回我们讲的是西丛鸦。顾名思义，这种调皮的松鸦生长在美国西部广阔的灌丛林地。它会轻快地跳跃、猛冲、摇动尾羽，并迅速地转头环顾四周，以宣示它的地盘，并且很少失误。它像近亲冠蓝鸦一样体色碧蓝（不过没有趾高气扬的顶冠），行为也一样放肆，号称是灌丛中的小偷、流氓和豺狼。根据一位鸟类学家的说法，西丛鸦最爱玩的把戏是狠狠地啄一下猫的尾巴，然后趁机把它的食物抢走。“当那猫转身想要反击时，它就跳过去把东西抢走，然后发出得意的尖叫声扬长而去。”

西丛鸦终年都和同一个伴侣在一起，经常群居。但到了繁殖季节，每一只雄鸦都俨然成了老大：它们会急速飞冲并发出尖锐的叫声，誓死捍卫自己的地盘，以防止同类入侵。“它们会突然发出吓人的警告[127]声——‘dzweep，dzweep’，”“一位博物学家写道，令人的血液为之凝结，而这正是它们的目的。”

西丛鸦有贮藏食物的习性。整个秋天它们都会在灌丛四周飞来飞去，采集成千上万的橡实和其他坚果，并捕捉各种昆虫，然后再把它们贮藏在自己的地盘中的几千个地点。

这种做法听起来非常体面、勤奋。但问题是，它们是“双面鸟”，会把自己的食物储存起来以备不时之需，但同时也会抢夺其他鸟类贮藏的粮食。它们确实会贮藏食物，但它们也是小偷，会把邻居辛苦得来的战利品抢走。

一只西丛鸦一天内损失的存粮可能高达30%。对一只必须储存足

够的食物以便度过漫长寒冬的鸟类而言，此事非同小可。这类偷取别人存粮的盗窃行为是很严重的问题，显然也是过群居生活的缺点之一。

但有趣的是，藏食物的西丛鸦和偷食物的西丛鸦之间的互动，似乎已经使它们演化出一些极为聪明的行为。无论是藏食物的乌鸦还是可能偷取这些食物的乌鸦，都懂得使用很高明的骗术，以保护自己的存粮，或瞒过别的乌鸦和竞争者，取得对方的食物。

妮古拉·克莱顿和她的同事们做了一系列令人印象深刻的实验，结果发现西丛鸦会想办法不让窃贼知道它们把食物藏在哪里。一只西丛鸦在藏食物时，如果发现有别的乌鸦在看，它就会把食物藏在障碍物后面或阴暗处，而不会藏在比较明显或光线明亮的空旷处。如果旁观者可以听到它的声音，却看不到它的身影，它就会把食物藏在不大会发出声音的地方（例如土壤中，而非小石子堆里）。此外，如果有另一只乌鸦曾经看到它把食物藏在某个地方，事后它可能会回到那里去，把埋好的食物搬到（或假装搬到）另外一个地方。这有点像是设下一个骗局，让想偷食物的鸟感到困惑。它甚至还会在藏好食物之后，跑到另外[128]一个地方去探测，假装要把食物藏在那儿，以便让小偷搞不清楚状况，不知道食物究竟藏在哪儿。这难道不是一种狡诈的骗术吗？

不过，并不是有任何鸟在一旁观看，它都会采取这样周密的策略。如果观看的是它的伴侣，它很可能就不会遮遮掩掩。只有在对手看到它把食物藏在某个特定的地方时，它才会感觉受到威胁。不知道西丛鸦是用什么方式，居然能够记住哪只鸟什么时候在哪里见过它藏食物。它们会记得自己在某一次藏食物时，是否被哪一只乌鸦看到了，而且必要时会回去把那些食物挖出来，换个地方贮藏。

不过，真正让人惊讶的是，西丛鸦只有在自己有过偷取同类的食物的经验后，才会想到用这些巧妙的招数保护它所藏的食物。那些从未偷过食物的西丛鸦，几乎从来不会把食物换个地方贮藏。“换句话说，”研究人员表示，“这叫作唯贼识贼。”

至于那些想偷同类食物的乌鸦，则会努力保持低调。它们会躲在某个地方观看别的乌鸦贮藏食物，并且尽可能不发出任何声音，以免那只藏食物的乌鸦之后会设法保护它所埋藏的食物。

这样你来我往，便形成了一场“情报战”。想偷对方食物的西丛鸦会设法积极地在暗中窥伺侦察；藏食物的西丛鸦则会想出越来越狡诈的招数避开它们，避免走漏任何风声，也可能会给它们提供假消息。

对克莱顿和其他许多研究西丛鸦的科学家而言，这些乌鸦的欺骗和操控行为显示它们的思考过程非常复杂，它们必须记住哪些乌鸦什么时候、在哪里看到它们藏食物（这叫作类情景记忆），也要能够运用自己当小偷的经验来预测其他小偷可能采取什么样的行动。此外，它们甚至可能有站在对方角度思考的能力，也就是它们或许能够用另外一只乌鸦的观点来看事情（例如对方知道哪些事情或不知道哪些事情），并据以修正自己的应对策略，这种能够用对方的观点来看事情（了解另外一个生物的脑袋里在想什么）的能力正是心智理论的特征之一。

目前还不清楚这类贮藏食物、偷取食物的行为，是否使得西丛鸦演化出如此高的心智能力。也可能它们原本就有这些能力。（或许是
129因为要照顾伴侣？）这就像乌鸦和它们的工具之间的关系一样，是一个典型的“鸡生蛋还是蛋生鸡”的问题。

鸟类是否具有一些人类引以为傲的社交能力或情绪能力（例如同理心或“为他人的死亡或不幸而悲痛”），一直是科学家们想要探究的问题。但正如克莱顿和她的同事埃默里所言：“对于鸟类，尤其是像乌鸦和鹦鹉这样聪明的鸟，我们很容易掉进一个陷阱，在没有什么证据的情况下就把它们拟人化，认为它们具有人类一样的情感。”

然而，让我们看一下灰雁（*Anser anser*）的例子，它们是生存在欧洲的一种鸟，智商并不算很高，但因为诺贝尔奖得主康拉德·劳伦兹[9]而出了名。劳伦兹曾证明幼小的灰雁看到任何会动的东西都会产生铭印现象。其中一个例子是，由劳伦兹一手养大的小灰雁会一直跟着他的雨靴走，后来甚至企图和这双靴子交配。灰雁生活在群体中，包括由几个家庭组成的小团体，乃至有数千成员的大团体，其社交生活和乌鸦、鹦鹉等比较聪明的鸟类很像。它们会成群行动，并一起举行“欢庆仪式”，做一连串仪式化的动作并发出一些声音，以展现它们和伴侣、家人的联结。奥地利的康拉德·劳伦兹研究站最近做了一项研究。他们测量这些灰雁在遇到各种事件（如打雷、汽车经过、雁群离去或到来，以及彼此发生冲突等）时的心率（这是看它们有没有感到苦恼的具体指标）。事实证明，最让它们的心跳加速的，并非那些令它们吃惊或害怕的事情（例如打雷或汽车的声音），而是它们和伴侣或家人之间的冲突。该研究站的科学家们认为，这显示灰雁们有情感上的牵连，甚至或许还有同理心。

除此以外，秃鼻鸦也会彼此亲吻。这种乌鸦非常喜欢群体生活，通常都在拥挤的群体栖息地筑巢，因此会有很多机会发生摩擦。有一
130项研究发现，秃鼻鸦在看到伴侣与别的乌鸦发生冲突后，通常在一两分钟内，就会跑去亲吻那只难过的乌鸦来安慰它。研究人员将这

个现象称为“冲突后的第三方联系”，这个名称实在是不怎么浪漫，意思就是，在争吵后，有一个并未卷入纷争的旁观者（第三方）前去温柔地抚慰在纷争中遭到侵犯的受害者（通常是它的伴侣）。

就目前所知，只有几种动物会安慰遭遇不幸的同类，其中包括大猩猩和狗。但亚洲象近年也榜上有名，因为有一项研究显示，它们可能会用鼻子安慰难过的同伴。它们会轻轻用鼻子触碰对方的脸，或者把自己的鼻子放进对方的嘴巴里，就像在拥抱它一样。

不久前，托马斯·布格尼亚尔和他的同事欧拉·弗拉泽尝试研究渡鸦是否会对冲突中受害的伴侣或朋友提供类似的安慰。他们想了解它们是否会同情在冲突中遭到攻击的受害者，是否会安慰它们。

后面一点尤其重要，“因为这意味着渡鸦拥有类似人的‘同情关怀’，而这需要相当的认知能力。”布格尼亚尔等人表示。要安慰一个受害者，必须先察觉对方正在受苦，并设法减轻他的痛苦。你必须体察他人的情感需求才能做到这一点。过去我们一直认为，只有人类和他们的近亲黑猩猩以及倭黑猩猩才具有这样的特质。

这两位科学家研究了一群（共30只）年轻的渡鸦。渡鸦在找到配偶并且拥有自己的地盘之前，会一大群地聚在一起，结交朋友并建立合作关系。但冲突可能发生在任何一个社群中，年轻的渡鸦当然也可能表现出“不友善的行为”。渡鸦的争吵（尤其是同一个家族内）通常是轻微的口角。吵架的双方顶多互相啄几下。但如果是互不相识的渡鸦或不同家族的成员，为了抢夺鸟巢、食物、地盘、配偶而争吵，则有可能拖得很长，甚至可能会造成死亡。

布格尼亚尔等人花了2年的时间仔细观察年轻的渡鸦之间发生的152次争吵，记录攻击者、受害者和旁观者（站得够近，能够目睹争吵过程的群体成员）的身份，把这些争吵分为“轻微的”（以大131声恐吓为主）和“剧烈的”（一只乌鸦追逐或扑向另一只乌鸦，或者用喙狠狠地啄它）两个等级，并且记录这些渡鸦在争吵过后10分钟内所有的侵略或安慰受害者的行动。令人意外的是，他们发现在激烈争吵过后，不到2分钟就会有旁观的渡鸦（通常是受害者的伴侣或盟友）对受害者做出具有安抚意味的动作。这些动作包括坐在它身边，为它梳理羽毛，和它亲嘴或用喙轻轻地触碰它的身体，同时发出轻柔而低沉的“抚慰”声。关于这个现象，有一个令人扫兴的解释：这些乌鸦可能只是试着减轻伴侣或盟友表现出来的紧张迹象。但对从事这项研究的科学家们而言，这些渡鸦似乎是因为知道同伴的感受才做出那些安慰的举动。他们在论文中写道：“这些发现是重要的一步，有助于我们了解渡鸦处理社交关系并平衡群居生活所必须付出的代价。此外，这

些发现也显示渡鸦可能善解对方的情感需求。”

至于哀悼，当我最近听说有科学家目击一群西丛鸦举行“葬礼”时，立刻想到几年前我在家附近的一块草地上所看到的景象：一群冠蓝鸦围着一只刚抓了冠蓝鸦的红尾鵟（*Buteo jamaicensis*）。被抓住的那只冠蓝鸦双脚拼命地乱踢，它的同伴则一边大声喊叫，一边围攻那只红尾鵟，但后者似乎不为所动。我待在附近看着，直到红尾鵟带着它那只已经瘫软的猎物飞走才离去。

但那场所谓的“葬礼”并不相同，它是加州大学戴维斯分校的特雷莎·伊格莱西亚斯率领的研究小组所设计的产物。他们想了解西丛鸦在看到一只已被吃掉的同类时会有怎样的反应，于是便在西丛鸦经常觅食的一处住宅区的某个地点放了一只死掉的西丛鸦，并且把之后发生的事情记录下来。结果他们发现，最先看到尸体的那只西丛鸦发出了令人毛骨悚然的警告声，召唤其他西丛鸦前来。附近的西丛鸦停止觅食并飞了过来，在尸体四周发出响亮、刺耳的叫声。它们的数量越来越多，声音也越来越大。[132]

它们是在为同类的死亡而哀悼，还是在表达愤怒？抑或是在讨论它的死因，商讨如何清除它的尸体？乌鸦在尸体四周待了半小时才飞走。之后的那一两天，它们就不在那里觅食了。

对于这项研究，外界的反应很快从惊讶（鸟类居然会哀悼！）变成激烈的质疑。有人认为这些研究人员使用“葬礼”这个字眼并不恰当；有些人则批评他们有将动物拟人化之嫌，认为西丛鸦的这种行为和人类的“葬礼”并不相同。

这话没错，但进行这项研究的人员也并没有将它当成“葬礼”，他们只是在说明鸟类对同类的死亡会有什么样的反应。显然，它们的做法是大声地把消息告知其他鸟类，或许还会向整个鸟群示警。他们把这种行为称为“嘈杂的聚集”。

事实上，西丛鸦这种聚集行为看起来或许更像是爱尔兰人的守灵仪式。博物学家劳拉·埃里克森表示，她听到这项研究时，想到了大家为她父亲守灵的情景。她父亲是芝加哥的消防员，在一次救火行动后，立刻因为心脏病发而猝逝。在守灵仪式中，她父亲的消防员战友进来瞻仰他的遗容，并“谈论他的遗容多么好看”或“他们应该多上健身房锻炼或节食减肥等。总而言之，意思就是他们不想落得和他一样的下场”。

在后续的一项研究中，伊格莱西亚斯和同事发现西丛鸦在看到体

形和它们相当的另一种鸟类，例如鸽子、旅鸫或嘲鸫的尸体时，也会聚集在一起，发出刺耳的叫声。［他们在这项研究中用的是鸽子以及两种西丛鸦所不熟悉的鸟——栗喉蜂虎（*Merops philippinus*）和黑项果鸠（*Ptilinopus melanospilus*）。］但它们在看到体形较小的鸟类，例如雀类的尸体时，则没有太大的反应，甚至完全无动于衷。伊格莱西亚斯表示，这显示西丛鸦的聚集行为是为了评估危险，而非哀悼。体形类似的鸟往往会招来同样的掠食者。不过，她说："这并不意味着西丛鸦在[133]这类聚集活动中，完全没有哀伤的感受。"

我不确定该如何解释西丛鸦的这个案例。"同理心"的一个定义是"把另一个人的不幸转化为自己的悲痛"。加州大学那项实验中的西丛鸦，是否只是在发出警告？还是它们确实为同类的不幸感到愤怒、恐惧或哀伤？鸟类虽然无法像灵长类那样通过脸部的肌肉表达情绪，但它们能够用头部和身体，或通过叫声、姿势和动作来表现。康拉德·劳伦兹曾经提到一只丧偶的灰雁表现出悲伤的征兆，就像一个失去了某样东西的小孩那样。"它的眼珠子深陷在眼窝中，头低低的，看起来一副很沮丧的样子。"

鸟类究竟是否会哀悼同类的死亡，目前尚无定论，但似乎有越来越多的科学家愿意承认这样的可能性。

科罗拉多大学的荣誉退休教授马克·贝科夫说，惠德比奥杜邦学会的前任会长文森特·哈格尔曾经讲过一个故事。哈格尔在一位朋友家做客期间，从厨房的窗户看出去，看到几英尺外的地上躺着一只死掉的乌鸦。"有12只乌鸦围着它的尸体跳。"哈格尔表示，"过了一两分钟后，有一只乌鸦飞走了。但几秒钟之后，它就衔着一根小树枝（也可能是半截干草）回来了，它把小树枝丢在尸体上，然后就飞到别的地方。后来，其他乌鸦也相继离开，并带着干草或树枝回来，将它们丢在尸体上之后就飞走。最后，所有的乌鸦都不见了，只剩下那具尸体孤零零地躺在那儿，身上盖满了小树枝。整个过程可能持续了四五分钟。"

我也听过类似的故事。当一只乌鸦被一只高尔夫球砸死之后，有几百只乌鸦停在高尔夫球场四周的树上；在两只栖息在电力变压器上的渡鸦被电死之后，不到几分钟，就有一大群渡鸦旋风般地飞来，聚集在事故现场。马兹洛夫和安杰尔在《乌鸦的礼物》这本书中指出，乌鸦和渡鸦会例行聚集在死去的同伴四周。他们认为这种行为或许是基于社交生活的需要而非情感的表达，因为它们要厘清该乌鸦的死亡[134]对群体的阶级会造成什么影响，解决有关它的配偶和地盘的问题，并且就像伊格莱西亚斯所说的，讨论它们应该如何避免类似的下场。马兹洛夫发现，当乌鸦看到一个人手里拿着一只死乌鸦时，它们

脑内的海马体会被启动，显示它们意识到有危险存在。“我们相信乌鸦和渡鸦之所以聚集在死去的同类四周，是因为它们必须设法了解它死掉的原因和它的死亡所造成的后果。”马兹洛夫和安杰尔在书中写道，“我们也认为死者的伴侣和亲戚可能会感到伤心。”

我也这么认为。毕竟，就像爱、欺骗或猜想自己的伴侣晚餐想吃什么菜一样，哀悼应该也不是人类独有的感受。[135]

第五章 燕语莺啼
——变化万千的鸟类歌喉

在1804年到1805年间的某个寻常的午后，如果你刚好置身于白宫内的那座阶梯底下，你可能会看到一只神气的珠灰色小鸟一蹦一跳地跟着正要回房睡午觉的托马斯·杰斐逊总统上楼。

这只小鸟便是嘲鸫。

杰斐逊总统并未像对他的马和牧羊犬那样，为他的宠物鸟取一个别致的凯尔特或法国名，但它仍然是他很喜爱的宠物。当他的女婿告知他这只嘲鸫的到来后，杰斐逊写信给他的女婿表示：“我诚挚地为这只嘲鸫的到来向你祝贺，请教导孩子们尊敬它，把它当成一个以鸟的形式存在的优秀生灵。”

迪克很可能是杰斐逊在1803年购买的两只嘲鸫之一。在当时，嘲鸫的价格比大多数宠物鸟更贵（当时的价钱是一只10或15美元，大约相当于现在的125美元），因为它们不仅会唱本地树林里所有鸟类的歌，还会唱美国、苏格兰和法国等地的流行歌曲。

但并不是每个人都会养这种鸟当宠物。诗人华兹华斯称它们为[137]“欢快的嘲鸫”。说它们性急无礼、调皮活泼倒是真的，但说它们“欢快”？它们最常发出的叫声是刺耳的一声“*tschak*”，听起来并不讨喜，倒像是在骂人似的。有一位博物学家甚至形容这种叫声混合了充满嫌恶的鼻息声和清嗓子吐痰的声音。但杰斐逊很喜欢迪克，因为它非常聪明，很会唱歌，并且善于模仿。杰斐逊的友人玛格丽特·贝亚德·史密斯曾经在文章中写道：“他每次独处的时候，都会把窗户打开，让那只鸟在房间里到处飞来飞去。飞了一会儿之后，它就会降落在他的桌子上，唱出最甜美的歌，或者停驻在他的肩膀上，吃他含在嘴里的食物。”杰斐逊睡午觉时，它坐在他的长沙发上，用鸟和人的曲调为他唱小夜曲。

杰斐逊知道迪克很聪明，也知道它能够模仿当地其他鸟类的声音和当时的各种流行歌曲，甚至可以模仿船只开往巴黎时，船上的木头发出的咯吱声。但他绝对想不到日后科学家会如何看待迪克的这种能力，包括这种能力是如何少见，含有多大的风险，需要怎样的智力，

以及它如何让我们得以窥见一种神秘复杂的学习形式，同时也是人类许多语言和文化的起源——模仿。

在最近的一个秋日里，180位科学家齐聚在乔治敦大学的洛贺芬克礼堂，讨论对嘲鸫技能的最新研究和看法，以及这种技能与人类语言学习能力的相似性。这里的技能指的是它们模仿声音的能力，也就是搜集有关声音的信息并自己试着发出同样声音的能力。这是学习语言不可或缺的先决条件，被称为发声学习。这种能力在动物界中非常罕见。到目前为止，只在鹦鹉、蜂鸟、鸣禽、钟雀、几种海洋哺乳动物（例如海豚和鲸鱼）、蝙蝠和人类的身上可以看到。

此刻，这些专家正在讨论鸟类学习鸣唱时需要用到的复杂认知能力。如果“认知”的定义是一只鸟取得、处理、储存并使用信息的机 138
制，则学习鸣唱显然是一项需要用到认知能力的任务：小鸟借着聆听同类鸣唱的方式，接收到一首歌听起来应该是什么样子的信息，然后把这个信息储存在记忆里，再用它来制造出属于自己的歌声。这些科学家提到鸟类学习鸣唱的模式和人类学习语言的模式非常相似，包括模仿和练习的过程，以及相关的大脑结构和特定基因的作用。他们指出，鸣禽也像人类一样有“语言缺陷”（例如它们也会有结巴的现象），鸟类学习鸣唱的方式，也会对它的大脑构造产生影响。这些现象使我们更加了解人类在学习时神经运作的方式。

在这场会议中，荷兰乌得勒支大学的神经生物学家约翰·包休斯谈到，对一个局外人来说，科学家们把鸟类的歌声和人类的语言相提并论，想必是一件很奇怪的事。“如果我们要找和我们类似的动物，难道不应该是去找和我们的血缘关系最近的大猩猩吗？”他问，“但奇怪的是，人类学习语言的方式有许多方面都和鸣禽学习鸣唱的方式类似，但在大猩猩身上，我们却一点都看不到类似的东西。”

休息时间，我走出礼堂，听到一棵矮小的雪松（看起来倒比较像是一株灌木）上传来众鸟鸣唱的声音。此刻，校园里正吹着寒冷的西北风，橡树和槭树的叶子在风中飞舞，偶尔可以看到几只麻雀从空中飞过。除此以外，校园里看不到几只鸟。但我听到那雪松的枝叶深处传来卡罗苇鹪鹩和白胸□（*Sitta carolinensis*）含糊不清的声音。此外，还有主红雀（*Cardinalis cardinalis*）嘹亮刺耳、犹如子弹一般的声音，以及听起来像是歌鸲的声音。我朝着雪松的枝杈细瞧，看到一只灰色的鸟正鼓着身上的羽毛抵御风寒。那是一只小嘲鸫（*Mimus polyglottos*），此刻它正在尽情高歌。在乐句与乐句之间，它会停顿个一两秒，仿佛在思考下一段要唱什么。

我曾经看到嘲鸫这么做。它们在仲春时节宣告地盘及求偶时，就

[139]会像这样飞到最高的枝头尽情高歌。4月的一个午后，我站在特拉华州平坦的沙岸上的一棵松树下面时，也曾见过一只嘲鸫。它的身影非常清晰（不像雪松上的那一只），它蹲踞在松树的最高枝，轻快地摆动着长长的尾巴，喙朝天，用全身的力气热情地唱着一首又一首的歌。

嘲鸫是雀形目嘲鸫科（*Mimidae*）的成员，是美洲特有的鸟种。达尔文在搭乘“小猎犬号”航行时，在南美洲的各地都曾看到嘲鸫。他当时写道：“这种鸟精力充沛，好奇而活泼……其歌声远胜当地其他鸟类。”

有人说嘲鸫只会偷学别的鸟类的曲调，而且还没有把重点唱出来。但在我听来，特拉华州的这只嘲鸫唱起卡罗苇鹪鹩的曲调，就像是美国影视明星贝特·迈德尔演绎“安德鲁斯姐妹”的歌曲一样。它虽然是个不折不扣的翻唱者，一会儿模仿北美凤头山雀的调子，一会儿唱北美山雀的曲子，一会儿又是棕林鸫那甜美清脆的歌声，但它把这些曲调统合得很好，就像俄国作曲家肖斯塔科维奇根据一首简单的民谣旋律就编写出一部交响曲一样。我听了一会儿之后，竟然被它即兴演出的歌声迷住，达到忘我的境界，以至于忘记分辨它的歌声中是否有我所熟悉的那些鸣唱和鸣叫了。在这温暖的春日里，空气中充盈着它那由无数个强弱音符和颤音组成的旋律，兴高采烈、生气勃勃。

不久，它那热情的欢唱便戛然而止，就像它开始时那般突然。之后，它便从树上飞了下来，安静地蹲在地上的落叶层中，仿佛为刚才能够一吐为快而感到高兴。

那是春天的事。在那个季节里，鸟类高歌是为了宣告领地或求偶。但现在是11月中旬，寒风刺骨。这只鸟像个逃犯似的躲在雪松树上，唱歌似乎只是为了自娱自乐。它的曲调是由几个短短的句子所组成，每句各唱四五遍，一首接一首，似乎永无止境。它的脑袋只有我的千分之一大小，怎么能储存那么多曲子呢？那[140]些曲子又是如何进入脑子里的？它为什么要在枝叶深处唱歌给自己听呢？

“这有点像是我们在洗澡的时候唱歌一样。”威斯康星大学的劳伦·赖特斯表示。她是在这温暖的洛贺芬克礼堂中讨论这类问题的鸟鸣专家之一。

这只鸟可是花了许多时间，并用了大量的资源才学会这些歌曲的。许多人都以为鸟类天生就会唱歌，但事实上鸣禽学习发声的过程就像人类一样。它们会先聆听成鸟的示范，然后自己实验、练习，让自己的技巧不断精进，就像孩童学习乐器一样。这是那180位鸣禽专

家对这个主题深感兴趣的原因之一。人类就像鸟类一样，通过模仿才学会语言、说话和音乐这类极其复杂的技能。

神经生物学家埃里希·贾维斯表示："通过研究鸟类（包括鹦鹉这类能够模仿人类说话的鸟类）如何学习发声，我们就能够找到与这种学习相关的大脑回路、基因和行为。"

所有的鸟都会发声，它们会鸣叫、用真假嗓音交替歌唱、哇哇叫、哀鸣、咯咯叫，会发出叽叽、嘻嘻的声音，还能唱出像天使般美妙的歌声。它们鸣叫是为了警告同类有掠食者来袭，或是为了辨识家人、朋友和敌人。它们鸣唱是为了宣告或维护地盘，以及求偶。

鸟类的鸣叫通常简短扼要，而且是与生俱来的能力（就像人类的尖叫和笑声一样），无论雄鸟还是雌鸟都会用鸣叫来表达自己的意思。它们的鸣唱则通常较长、较复杂，而且必须经过学习。在热带地区，通常雄鸟和雌鸟都会鸣唱；但在温带，通常是雄鸟才会鸣唱，而且只限于繁殖季节。不过，鸣叫和鸣唱之间的区分并不是那么泾渭分明，往往有许多例外。例如乌鸦的鸣叫就分成12种，包括召集声、斥责声、集合[141]声、恳求声、宣布事情的声音、两只鸟对唱的声音等，其中有些是学来的。此外，黑顶山雀在对着远方鸣叫时，其声音的复杂性远胜于大山雀那种具有两个音调的歌声。

不过，鸣唱就不一样了。在杜克大学研究发声学习的贾维斯表示："动物以声音沟通的行为几乎都是出于本能。它们一出生就会尖叫、哭泣或发出嘘声。"这类表达方式有些是与生俱来的，通过基因铭记（例如绵羊的咩咩声）。"相反地，发声学习指的是有能力在听到一个声音后，用喉头或鸣管的肌肉发出同样的声音，无论这个声音是说话时的语音还是歌曲中的音符。"贾维斯解释。

地球上的鸟类中有将近一半是鸣禽，总数达4000种之多。它们的歌声包罗万象，例如蓝鸲的声音忧郁而含糊，牛鹂的歌声中有多达40个音符，蒲草短翅莺（*Bradypterus baboecala*）的歌声悠长、复杂难解，隐夜鸫（*Catharus guttatus*）的声音有如长笛，淡尾苇鹪鹩的雄鸟和雌鸟则能配合无间地表演令人惊叹的二重唱。

鸟类知道自己应该在哪里唱，也知道什么时候该唱。在空旷的地方，声音从草木上方约几英尺处传得最远。因此鸟类都在枝头鸣唱，以避免干扰。在森林地面鸣唱的鸟类，声音的调性比较明显，频率也比那些在树冠层中鸣唱的鸟低。有些鸟会使用那些能够避开昆虫和车辆噪声的频率。住在机场附近的鸟，早上会比其他鸟更早开始鸣唱，以避开飞机呼啸而过的时间。

诗人巴勃罗·聂鲁达在他的诗作《赏鸟颂》中问道：“它那比手指还小的喉咙，如何能倾泻出这瀑布一般的歌声？”

答案就在鸟类的一个器官当中。

它叫作鸣管（*syrinx*），其名称来源于希腊神话中被田野、羊群和孕育之神潘恩变为芦苇的一个宁芙仙子。科学家们用了很长的时间才了解鸣管的构造细节；这是因为鸣管位于鸟类胸腔深处，气管在此处分叉，以便将空气送进支气管。一直到最近几年，科学家们用磁共[142]振成像和微型计算机断层扫描技术，才终于拍到鸣管在运作中的3D高分辨率影像。

在那些高科技影像中，我们看到了一个很特殊的构造。原来鸣管是由纤细的软骨和两片薄膜所组成，这两片薄膜各在鸣管的一侧，会随着气流以超高的速度震动，形成两个不同的音源。善于鸣唱的鸣禽，如嘲鸫和金丝雀，能够将这两片薄膜分开来震动，同时制造出两个完全不同的音符（左侧是低频的声音，右侧是高频的声音），并以惊人的速度改变每一侧的音量和频率，发出极其复杂多变的声音。（这点相当特别，因为我们人类在说话的时候，声音的音高和谐波都朝同一个方向移动。）

这一切都是由一群微小而有力的肌肉控制。有些鸣禽，例如紫翅椋鸟（*Sturnus vulgaris*）和斑胸草雀，能够以低于毫秒的速度（比人类眨眼的速度快100倍以上）收缩和放松这些微小的发声肌肉。在自然界中，只有少数动物的发声器官能够这样快速地收缩，响尾蛇便是其中之一。冬鹪鹩（*Troglodytes hiemalis*，一种以歌声轻快闻名的褐色小鸟）每秒钟可以唱出36个音符，远超出我们的耳朵或脑袋可以察觉、吸收的速度。有几种鸟类甚至能够控制它们的鸣管，模仿人类说话的声音。

鸣管肌肉越精细复杂的鸟类，往往越能唱出精细复杂的歌。雪松树上的那只嘲鸫的鸣管就有7对肌肉，让它得以表演它的声音特技，而且看起来似乎毫不费力。当它唱到酣畅处时，甚至1分钟能唱17至19首歌。此外，它会在音符与音符之间吸一小口气以补充氧气。

它那千变万化的歌声虽然是由鸣管所操控，但却是由脑部负责启动和协调。由脑部的若干部分所组成的致密网络会发出神经信号，控[143]制每一条肌肉，协调左半脑和右半脑传到鸣管两侧肌肉的神经冲动，以调节单侧的空气流量，从而发出成百上千个不同的乐句，模仿其他鸟类的歌声。

这一切看起来似乎很容易，但请你想想看，要模仿某种语言，例如德语或葡萄牙语中的某个词组，必须仔细聆听他人发出那个词组的声音，而且要听得很精确。根据加州大学圣地亚哥分校的心理学教授蒂姆·金特纳的说法，这可不是那么容易的事，尤其是在你置身于一场鸡尾酒会或在一条嘈杂的街道上的时候。因为这个时候你得从乱七八糟的声音中分辨出那个词组的声音。这就是所谓的“声音流的区分”。鸟类经常面临这种有如宴会般混乱嘈杂的局面，尤其是在鸣唱的高峰时间，例如黎明群鸟合唱之时。在乔治敦大学的那场会议中，金特纳对一群鸟类专家演讲时表示：“许多种鸟都有群居的习性，必须在相当大的一个群体中彼此沟通。它们会听到许多的信号，但并不是每一个信号在任何时间对任何鸟都有用。因此它们必须搞清楚哪些声音流里有它们想要的信息。”

一旦你把目标词组从那些嘈杂的声音中分离出来，就必须把它放在心中，等待大脑把那个声音转化成一组动作指令，然后把这些指令送到你的喉头，以便发出类似的声音。但通常你不太可能第一次就发出正确的声音，你必须不断地练习和摸索，聆听自己错在哪里并加以修正。如果你想记住那个词组，就必须经常重复它，以便强化最初让你记得这个词组的大脑通路。如果你想要一辈子都记得它，就必须把它放在一个安全的、可以长期储存信息的地方。

在这方面，嘲鸫真的很厉害。只要看看相关的声波图或光谱图就知道了。科学家用这两种图把声音用可以看见的形式呈现出来（纵轴代表频率或音高，横轴代表时间），以侦测不同鸟的歌声之间的微妙差异。他们用声波图来比较鸟类原本的歌声和嘲鸫模仿它们的声音，结果发现，后者模仿□属、鸫属鸟类和三声夜鹰（*Antrostomus vociferus*）的曲调，已经到了几乎一模一样的程度。他们还发现，嘲鸫唱起主红雀的歌时，会模仿后者肌肉震动的模式。如果它要模仿的音符超出平常所使用的频率范围，它会用别的音符来取代它，或者干脆将它省略，[144]但同时把其他音符拉长，以符合原本的歌的长度。如果碰到鸣唱速度太快的鸟类（如金丝雀），它会把音符分成几组，并且在中间停下来换气，但仍然维持原本的长度。这种做法或许骗不过三声夜鹰或鸫，却唬得住我。

当然，嘲鸫不是唯一会模仿的鸟类。嘲鸫科的另外一个成员——褐弯嘴嘲鸫（*Toxostoma rufum*）能够模仿的曲调据说比嘲鸫多10倍，只是没有那么精准。此外，紫翅椋鸟也很善于模仿。新疆歌鸲（*Luscinia megarhynchos*）更是能够模仿大约60种不同的曲调，而且只要听几遍就可以唱出来。湿地苇莺（*Acrocephalus palustris*）则会唱一种狂野急切的“国际歌混编”，其中包含了100多种其他鸟类的曲

调，有些是欧洲的调子，是它在筑巢地学来的，但大多数还是非洲曲调，这是它在越冬地乌干达一带学来的。此外，它也会模仿鲍伦扇尾莺（*Cisticola bodessa*）、酒红斑鸠（*Streptopelia vinacea*）和非洲鵙（*Nilaus afer*）的歌声。从这些歌声中，我们可以知道它去过非洲的哪些地方。

琴鸟更是出名的模仿冠军。有一位博物学家曾经在文章中写道，你在澳大利亚的森林里走路时，可能会突然看到“一只长得像禽类的褐色鸟像狗一样朝着你吠”，让你吓一大跳；叉尾卷尾（会愚弄斑鸫鹛的那种聪明的非洲鸟）不仅能够模仿斑鸫鹛的示警声，也能够模仿其他许多种鸟类的示警声，把那些好不容易才找到食物的老实鸟类或哺乳动物吓走，并趁机偷走它们的食物。

除此以外，据说有一只巴巴多斯牛雀经过训练后，会唱英国国歌《天佑女王》；一只灰嘲鸫（*Dumetella carolinensis*）会发出葬礼的安息号的声音（它可能是从附近的公墓举行的葬礼中学来的）；德国南部还有一只凤头百灵（*Galerida cristata*）会模仿一位牧羊人用来指挥牧羊犬的4种不同的哨音，而且它学得非常逼真，以至于那些牧羊犬会立刻听从它的指令（包括“向前跑”、“快”、“停”和“过来”），这些哨音后来也被其他百灵鸟学会了，成了当地百灵鸟的“标语”（或许也因此使[145]得当地的牧羊犬气喘吁吁，疲于奔命）。

有些鸟特别善于模仿人类说话的声音。非洲灰鹦鹉便是其中之一，八哥和凤头鹦鹉也是。这几种鸟是大家公认的鸟国名嘴。有几种鸦科和鹦鹉科的鸟类也是，其中之一便是长尾鹦鹉。《纽约客》杂志曾经报道：“韦斯切斯特有一只长尾鹦鹉在沉默了几个星期之后，所说的第一句话竟是‘说话呀，你这该死的东西，说话呀！’”

对鸟类来说，要模仿人声并不容易。人类是用嘴唇和舌头（二者都柔软灵活、有韧性）来发出元音和辅音。但鸟类并没有嘴唇，而且它们的舌头通常也不是用来发音的，因此要发出人类的各种声音并不容易。这或许能解释为什么只有少数几种鸟具有这种能力。其中又以鹦鹉最为特别，因为它们会用舌头发出叫声，并且能够控制舌头的动作以发出各种元音。这或许是它们能够模仿人类说话的原因。

非洲灰鹦鹉是鸟类中的议员，由于科学家佩珀伯格对一只叫作亚历克斯的非洲灰鹦鹉（它可能是全世界最有名的一只会说话的鸟）所做的研究，这种鸟现在已经颇为有名，大家都知道它们很会说话。佩珀伯格会逐一指着一些物品，问亚历克斯各种不同的问题，而亚历克斯也都能答得很准确。举例来说，如果佩珀伯格拿一个绿色的木头方块给亚历克斯看，它就能说出这块木头的颜色和形状。在触碰之后，

它也能说出方块的材质。此外，亚历克斯也喜欢说那些常在实验室里听到的句子，例如“请注意”、“别激动”和“再见，我要去吃晚餐了，明天见”。

亚历克斯不是唯一会说话的非洲灰鹦鹉。我认识一只名叫思罗克莫顿的鹦鹉，它的名字来源于苏格兰的玛丽女王的一个中间人（在1584年因阴谋反叛伊丽莎白一世女王而被吊死）。它能够非常准确地说出自己的名字，还会模仿家中各式各样的声音，包括它的主人卡琳和鲍伯的对话声，并且还会拿来恶搞。它会用鲍伯的声音叫唤卡琳。据卡琳说，它学得像极了，以至于她根本分不出来。此外，它也会模仿卡琳和鲍伯两人不同的手机铃声。它最喜欢的消遣之一是趁鲍伯在[146]车库时，模仿他的手机铃声。当鲍伯跑进来接电话时，它就会用他的声音“接”电话：

“你好，嗯……哦……嗯……”

最后它又会发出手机挂断的声音。

思罗克莫顿会模仿卡琳喝水时咕噜咕噜的声音、鲍伯一边啜饮热咖啡一边把它吹凉的声音，以及家里从前养的那只杰克拉塞尔□（已经死了9年了）吠叫的声音。此外，它还会模仿现在家里养的那只迷你髯狗的叫声，并且会跟着后者一起吠叫。“搞得我家听起来像是狗场一样。”卡琳表示，“而且，它学得像极了，没有人听得出来那是一只鹦鹉在学狗叫。”有一回，鲍伯感冒了，之后思罗克莫顿就开始发出擤鼻涕、咳嗽和打喷嚏的声音。又有一次，鲍伯出差回来，得了严重的胃病。此后的6个月中，思罗克莫顿就不时发出“哦，我的胃好痛”的声音。

除了说话之外，鹦鹉也会教其他鹦鹉骂脏话。不久前，在澳大利亚博物馆的咨询中心工作的一位博物学家接到民众打来的好几通电话，他们说在澳大利亚内陆听到野生的凤头鹦鹉在骂人。博物馆里的鸟类学家猜想，那些野鸟应该是向一些曾经被豢养但后来逃逸的凤头鹦鹉和其他鹦鹉学的。若果真如此，那么这真是文化传播的一个绝佳范例。

不过，嘲鸫所模仿的曲调之多、之准确，还是令人惊叹。曾经有人计算过嘲鸫所唱的曲调，结果发现一只嘲鸫每分钟可以模仿20种鸣叫与鸣唱，包括□鸟、翠鸟、主红雀、红隼（*Falco tinnunculus*），乃至小嘲鸫那尖细的恳求声。据说，波士顿阿诺德植物园里有一只嘲鸫能够模仿39种鸟的鸣唱、50种鸟的鸣叫，以及青蛙和蟋蟀的声音。你可以根据[147]一只嘲鸫所唱的歌曲，判断它住在哪里。

每一只鸟都有自己独特的鸣唱。同一个族群的鸟，可能只有10%的曲调是相同的。鸟类学家爱德华·豪·福布什在描述嘲鸫的模仿技巧时，顾不得科学家应该保持的客观立场，赞美它们是“歌王”，胜过“所有会唱歌的鸟”。难怪南卡罗来纳州的美洲原住民会把这种鸟称为“四百舌”，这种说法并不算夸张，因为嘲鸫经常模仿多达200种不同的歌曲。我的一位鸟类学家朋友丹·比克表示，随着春天的脚步临近，要听出嘲鸫模仿哪些鸟的歌声，会变得越来越容易。“初春时，它们唱得实在不怎么样，整个糊成一团，很难辨认。但它们会聆听周遭的声音，如唧鹀、凤头山雀、卡车倒车的声音或电话铃声，并且不断练习，后来就越唱越好了。”

为什么会有生物愿意花这么多的时间和心思去模仿其他物种的叫声和偶然出现的声音呢？到目前为止，这仍然是一个谜。叉尾卷尾的模仿行为显然有个非常明确的目标，但嘲鸫呢？有人提出了一个“博·杰斯假说”，认为鸣禽的雄鸟之所以从一根栖木飞到另一根栖木，然后开始模仿其他鸟类鸣唱，是为了让它的潜在竞争对手以为这是雄鸟的地盘。博·杰斯这个名称源于加里·库珀所主演的一部好莱坞电影。在那部影片中，博·杰斯为了唬住来袭的阿拉伯人并保护自己的城堡，将他那些受伤或已经死亡的战友的身躯竖起来，靠在城堡的胸墙上，然后自己躲在后面拿着步枪扫射，好让敌人以为城堡的每一面墙都有官兵守卫。

也有人说鸟类模仿声音的行为比较像是保护性拟态，例如本来不具备威胁性的甲虫或苍蝇，通过模拟蜜蜂身体的颜色和图案，向潜在掠食者警示：“别吃我，不然我会狠狠地叮你。”举个例子，黑背钟鹊（*Gymnorhina tibicen*）会模仿那些攻击它们鸟巢的鸟类［如吠鹰鸮（*Ninox connivens*）和布克鹰鸮（*Ninox boobook*）］的声音，其目的或许是让那些鸟搞不清楚猎物的真实身份。但这无法解释它们模仿其他[148]声音的行为，或嘲鸫模仿其他鸟的歌曲的行为。后者的目的或许比较偏向借着众多的曲调来取悦雌鸟。但无论动机为何，那都是惊人的特技。

早在公元前350年，亚里士多德就曾经提到鸣禽的鸣唱要经过学习：“小鸟如果不在自己的巢内长大，或者它们曾经听见其他鸟类唱歌，则长大后唱出的歌声和父母亲不同。”达尔文也曾经针对这点发表看法，他知道鸣唱是鸟类的本能，就像说话是人类的本能一样，但它们也必须经过学习才会唱那些歌，就像我们学习语言一样。他猜想鸟类可能也像人类一样，会把它们的歌曲代代相传，以至于每一个区域各自有其“方言”。但20世纪20年代的科学家或许是受到了B.F.斯金纳[10]的影响（他认为许多行为即便是后天学来的，也已经在先天就

决定了），都认为嘲鸫生来就会唱歌。当时的鸟类学家J.保罗·菲舍尔就曾经在《威尔逊鸟类学报》所发表的文章中指出：“嘲鸫通常并不是有意识地模仿别的鸟类的鸣唱，它们只把自己原本已会的众多曲调唱出来。”

为了厘清这个“先天还是后天”的争议，20世纪30年代末期，鸟类学家阿梅莉亚·拉斯基便试着亲自饲养一只嘲鸫。在8月的一个早晨，她开车到距离家5英里（约8千米）的一座公园，从那里的一座鸟巢中把一只嘲鸫的雏鸟带回家做研究（根据某位人士的说法，拉斯基是那种可以一连好几天都目不转睛地盯着一座鸟巢看的科学家）。当时，这只名为“甜心宝贝”的小嘲鸫才出生9天。就像杰斐逊的宠物迪克一样，甜心宝贝后来也成了一家之主，直到它15年后去世为止。它在将近4个星期大的时候开始尝试唱歌。“它在没有张嘴的情况下，小声唱了10分钟。”拉斯基在文章中写道，“那是一连串几乎让人听不清楚的高高的颤音和哨音……完全没有模仿其他鸟儿。”它偶尔也会用一种非常柔和的声音唱它自己的歌，仿佛在说悄悄话，啁啁啾啾的，有些原始。“那是非常甜美的一种声音，轻柔动人，而且高低起伏，非常缓和。”

[149]到了4.5个月大时，甜心宝贝的歌声中就不时穿插着它在家中可以看到或听到的那些鸟，包括绒啄木鸟（*Picoides pubescens*）、卡罗苇鹪鹩、冠蓝鸦、主红雀、椋鸟和山齿鹑的曲调。其中有哨音、颤音，也有鸣啭和嘎嘎声。这是它的第一个鸣唱季节。在这段时间里，往往只要家里发出声音（尤其是吸尘器的声音），它就会开始鸣唱。越接近春天，它的歌声就越嘹亮多变，而且往往持续很久——从早上5点30分开始，持续一整天。拉斯基表示：“弄得家里好像养了一大群聒噪的鸟儿似的。”

9个月大时，甜心宝贝开始尝试直接模仿其他鸟类的声音。它的第一个对象是一只美洲凤头山雀。它一听到美洲凤头山雀的声音，便会立刻跟着“peto，peto”地叫起来。最后它学会了几十种鸟的歌声、楼下洗衣机嘎吱嘎吱的声音、邮差的口哨声，以及拉斯基先生叫唤狗儿的哨音。有些歌曲它唱了一阵子之后就不唱了，但到了第二年春天，它又开始唱。在6月的某一天，它热烈地唱了16分钟，总共发出143种鸣叫或鸣唱，平均每分钟就有9种，模仿的鸟类至少有24种。

我们认为这样精细的发声学习是一种高等或复杂的行为，因为它和我们人类一样，都必须经过聆听、模仿练习的阶段。近年来，科学家们一直试图通过研究澳大利亚的斑胸草雀，进一步了解发声学习的细节。

海豚和鲸鱼也很善于发声学习，但它们显然不适合被拿来在实验室中做研究。根据生物学家奇普·奎因的说法，适合拿来研究学习行为（无论是哪一种）的模式生物实在太少了，因为它“体内的基因最好不要超过3个，能够拉大提琴，或至少能够朗诵古希腊文，而且神经系统中只有10个大大的、颜色各不相同的、易于辨认的神经元”。

斑胸草雀虽然并不完全符合这些条件，但它却是研究发声学习的绝佳对象。因为这种雀（它们因喉部黑白相间的条纹而得名）容易繁殖，成熟得很快，而且很会唱歌。雄性的斑胸草雀在出生后的90天之150内，就会向它的父亲或其他雄鸟学唱一首情歌，学会之后就会终身反复吟唱这首曲子。杜克大学的神经系统科学家理查德·穆尼指出：“要监测并操控人类在发声学习过程中所用到的神经元是不切实际的，同时也不符合伦理规范。而这些鸣禽提供了很好的替代品，让我们得以详细研究这种相对复杂的学习行为涉及的脑部机制。”其中包括学习过程的各个阶段以及鸟类在学习时所启动的各种基因。

对于斑胸草雀的幼鸟而言，学习鸣唱是一个漫长的过程。一开始它必须先聆听，就像我们在学习语言时一样。

值得一提的是，鸟类是有耳朵的。它们的耳朵不是像我们这样的长在外面的两片肉，而是头部两侧羽毛下面的两个小洞。雏鸟听到歌声后，声波会进入耳朵，使里面的毛细胞产生震动。这种毛细胞的密度是人类的10倍，而且远比我们的多样化，使得鸟类可以侦测到人类听不见的高频声音，以及昆虫在土壤或叶子底下发出的轻微的窸窣声。（鸟类的毛细胞如果因为疾病或吵闹的噪声——例如在体育馆举行的摇滚音乐会所发出的震耳欲聋的乐声——而受损，是可以再生的，但人类的就不行。）鸟类脑干里的感觉神经接收到毛细胞传来的信号后，就会传给位于前脑的听觉中枢，之后那里的神经元形成听觉记忆，从而记住这一首歌。

雏鸟在出生后的头两周，会坐在巢内仔细聆听指导者（通常是它的父亲）的歌声。这时的它只是静静地吸收周遭的环境音，就像小婴儿那样。这段时期，雄鸟鸣唱时雏鸟只会聆听并记住这些声音，并不会试着模仿，但这些声音会在它脑海中形成“图景”。

在它聆听时，它的大脑会开始产生许多神经细胞网络。这些网络会逐渐形成一个致密的系统，由7个各不相同、彼此连接且专门负责制造歌声的区域所组成，这就是它的鸣唱系统。在那些尚未开始鸣唱的雏鸟的大脑中，这些区域还很小。在接下来的几个星期到几个月当151中，它们会变得越来越大。细胞数目会增加，细胞的体积也会变大。

其中一个区域叫作高级发声中枢（简称HVC），其特化细胞会辨识雏鸟所听到的声音中的细微差别，甚至能够注意到音符与音符之间几毫秒的长度差异，并且只有在这些音符位于某个狭窄的范围时才会放电。这种辨识模式叫作分类知觉，我们人类也是采用同样的辨识模式来辨别语音中的细微差异（例如“ba”和“pa”的差别）。

在小鸟尝试鸣唱之前，它的大脑已经记住了指导者的歌声。该记忆就储存在一小群分布在它的鸣唱系统，并具有极高辨识能力的神经元当中。

生长在野外的小斑胸草雀在成长期间会听到各种不同鸟类的歌曲，就像嘲鸫一样。它有能力学会其中任何一种，但它只会学习同类特有的歌曲。外界的声音源源不断地进入大脑，但只有同类的歌曲逐渐在它的脑内刻下永久的印痕。这是基因和经验共同作用的绝佳范例。

小斑胸草雀第一次听到同类的歌曲时，心跳会加快（它进食时也是如此）。这个声音会成为它的一部分。它正在发育的脑部会受到听到的歌曲的影响，但在基因的筛选下，只有那些与它同类的歌曲有关的回路会变成汹涌的河流。这些回路的神经细胞之间的连接会大大增强，而那些非同类的歌曲则会成为较小的支流，并且悄悄消失。

科学家们发现的这个现象（即有些种类的幼鸟几乎能够学习它们所听到的所有歌曲，但在基因的作用下，它们只会学习同类的歌曲）在人类身上也能看到，幼儿就算没有受过正式训练，也绝对有能力学会全球6000种人类语言中的任何一种。这显示我们先天就有学习语
152言的基因。但我们只学会接触到的那种（或那些）语言，这凸显了这个过程中经验的重要性。

幼鸟如果未经成鸟指导，那么它唱出来的歌曲会难以辨识，或者唱得不好。那些在成长期从未听过成鸟鸣唱的小鸟会唱出很奇怪的歌，通常是一个很短、很简单的版本。人类也是如此，听力正常但从小都不曾听过人类说话的小孩，发出来的语音也很奇怪。

斑胸草雀学习鸣唱的窗口期是有限的，当幼鸟开始鸣唱时，它只会模仿它在幼年对歌声比较灵敏的时期所听到的成鸟的歌声。一旦成年，它就不再能够学习鸣唱了，个中原因至今仍是个谜。人类在语言学习上也受到同样的限制。

芝加哥大学的神经系统科学家萨拉·伦敦在斑胸草雀的身上发现了一个线索。她表示：“成鸟的歌声其实会改变幼鸟的大脑，影响后者

日后的学习能力。”她在研究中发现，听过成鸟鸣唱的幼鸟，在65天之前都能轻易学会鸣唱，但此后它们就不再具有学习能力了，并且会终身演唱同样的歌曲。而那些始终不曾听过成鸟鸣唱的幼鸟，即便过了65天之后，还是具有很强的学习能力。因此，听见另外一只鸟鸣唱的经验，显然是通过所谓的“表观遗传”效应影响幼鸟学习鸣唱的基因。伦敦指出，在这个例子里，组蛋白（即覆盖在DNA上，使得基因可以被启动或关闭的那些蛋白质）发挥了作用。

至于嘲鸫、金丝雀和凤头鹦鹉等鸟类，它们的学习窗口会开得比较久，因此它们在年纪较大时，仍然可以继续学习新的歌曲。但成鸟的学习能力会比幼鸟差。

人类的学习期也不受限制。此外，我们也像嘲鸫和金丝雀一样，年纪越大，学习语言就越吃力。婴儿学习语言的速度快得不可思议，他们在两三岁的时候，就能够轻而易举地把两种甚至三种语言说得很流利，而且从此发音都会很地道。过了青春期，我们要学习外语就困
153难多了，而且很难说得没有口音。我们的一些神经回路在童年时就已经定型了，而这是有原因的。如果我们的大脑一直在重组，就不可能变得稳定或有效率，我们就会出现“什么都学，但什么都记不住”的现象。不过，如果我们能在必要的时候，例如当我们已经60岁却还想学习巴基斯坦的乌尔都语时，重新启动这些学习机制不是很好吗？在我看来，嘲鸫在三四岁大的时候还能学会鸫或山雀的曲调，几乎就像是一个婴儿潮时代出生的人还能学会说广东话一样。

在学习鸣唱的第二个阶段，幼鸟会开始探索自己的声音。最初它会像甜心宝贝一样，胡乱发出一些微弱而颤抖的音符。有时是生涩、低沉的喃喃声；有时则是不规则而尖锐的声音，就像是年轻的小提琴手在测试乐器一般。这段时期，它的高级脑区域与运动区域之间的连接会增强，使它对鸣管的控制力越来越强。然后，在大约一个星期之内，它的鸣管两侧的肌肉就可以协调得很好，使它开始能够唱出可以辨识的音节。不过，这些音节并没有一定的顺序，它只是把听过并且记住的所有声音都胡乱发出来。这叫作亚鸣曲，是一些嘈杂多变、具有尝试性的声音，就像婴儿牙牙学语一样，只是用来锻炼肌肉的一种“游戏”。鸟类和婴儿都以此学习如何控制鸣唱和说话时所需要用到的肌肉。科学家已经发现，鸟类负责控制鸣唱动作的大脑回路里，有一个特殊的部位专门负责亚鸣曲，而这个部位和它们之后用来正式鸣唱的部位不同，它有一个很拗口的名字，叫作新纹状体巨细胞核外侧部（简称LMAN）。

之后的几个星期到几个月，幼鸟会开始练习学来的曲调，而且次数可能多达几万次乃至几十万次，以便进入真正的鸣唱阶段。每次练

习时，它都会比对自己的声音和记忆中的歌声之间有什么差别，并且注意聆听自己哪里唱错，然后就会修正错误的地方。唱得很好时，它会得到奖赏。它的大脑会分泌大量令它愉悦的化学物质（例如多巴胺和阿片样物质）。多巴胺可能提供了鸣唱的动机，但阿片样物质是奖154赏。它唱出来的歌声和脑海内所存的范本越接近，得到的奖赏就越多。

睡眠似乎在幼鸟学习鸣唱的过程中扮演了某种角色，这点和人类学习的过程相同。有越来越多的研究显示，人类在学习一项新的运动技能时，在训练过后以及后来的睡眠期间，他们的大脑仍然会继续处理这些信息。鸟类或许也是这样。斑胸草雀白天练习鸣唱，晚上睡觉。一旦幼鸟听到成鸟唱的歌，在晚上睡觉时，它们脑内鸣唱部位的神经元就会一阵又一阵地放电。不同的歌曲会导致不同的放电模式，表明每个模式都包含了有关某一首特定歌曲的信息。经过一夜的睡眠之后，幼鸟唱出的歌会有些退步，但在第二天练习之后又会进步。奇怪的是，退步得越多，它们后来就会模仿得越好。

幼鸟在鸣唱时的表现会因听众而异。在独自高歌的情况下，它会处于练习模式。这时它唱的是没有特定对象的歌。但如果有雌鸟在旁边，它就会呈现自己最好的版本，反复演唱，这时它所唱的是有特定对象的歌。即便这时它的唱功还不怎么样，它仍然会努力控制自己的鸣管肌肉，力求唱得完美。

“这两种版本的歌声，我听了几十年。”穆尼表示，“我怎样也听不出其中的差异，但雌鸟就可以。它们很在乎雄鸟是不是用这种比较精确而且固定不变的方式鸣唱。”穆尼指出：“显然鸟类的歌声里有许多元素是人类的耳朵听不出来的。”

贾维斯的团队利用脑成像技术所做的研究显示，当一只雄鸟独自鸣唱，并没有特定对象时，它的脑部活动和它对着雌鸟鸣唱时不同。当一只雄鸟独自鸣唱时，它的脑部与学习鸣唱、声音的自我监测和控制发声肌肉有关的回路都会亮起（当它在另外一只雄鸟旁边鸣唱时也是如此）。但当它对着一只雌鸟唱同一首歌时，只有负责控制发声肌155肉的回路会被启动。这些研究显示了一个很有趣的概念：当一只雄鸟知道雌鸟正在评估它的表现时，它的心理和认知状态会有所改变。

幼鸟学习鸣唱时，雌鸟也会提供一些视觉上的提示，例如通过拍动翅膀或抖动羽毛来引导它，帮助它把音高调整到接近它父亲的程度。

这些都足以证明鸟类的学习行为会受到社会提示的影响。人类的学习行为亦然。婴儿虽然对异性没有如此强烈的反应，但母亲在场的时候，他们牙牙学语的表现确实会比较好。

在不断地尝试摸索，试唱了一两百万音节后，幼鸟唱出来的歌声便与它所模仿的成鸟神似了。这首歌被存在大脑复杂的神经回路中，但并非从此不变。有些鸣禽，例如金丝雀，在每一个交配季节都会学习新的歌曲。它们的高级发声中枢的大小，会随着季节而改变，在春天时变大，到了夏末时便逐渐缩小。科学家们最初以为这只是细胞与细胞之间产生新的连接所致，但后来费尔南多·诺特博姆等人发现，鸟类大脑的鸣唱回路会产生新的神经元。诺特博姆表示："大脑细胞会经常更新，高级发声中枢增加新的神经元是这个过程的一部分。"科学家们用蛋白质为这些神经细胞做记号，使它们发出绿色的荧光，如此他们便可以看到实际更替的过程。他们发现，当鸟类学习一首新歌时，脑内便有一些游离的神经元进入高级发声中枢，与其他神经元形成突触。这些游离的神经元寻找的目标是什么？是什么因素决定它们最后会跑到哪里去？这些都是在乔治敦大学的礼堂开会的这些科学家想要解答的问题。不过我们知道所有的脊椎动物（包括人类在内）可能都有这种特殊的神经发生现象。

达尔文曾说，鸟类的歌声是"最接近人类语言的存在"。这话确[156]实没错。不仅鸟类学习鸣唱和人类学习语言的过程相似，而且二者都有学习的"窗口"，也就是大脑最容易被激活的时候。鸟类的歌声虽然没有人类语言那么复杂的语法，但其中部分元素确实有些相似。

麻省理工学院的语言学家宫川茂和他的研究小组提出了一个新的理论。他们认为人类的语言有可能是鸟鸣的调子和其他灵长类动物所采用的更实际且富含信息的沟通形态二者融合的结果。他说："二者在偶然之间融合后，人类的语言就诞生了。"宫川茂认为，人类的语言只有两个层面：一个是"词语"层面，也就是一个句子的主要内容所在，类似蜜蜂的摇摆舞动或灵长类的叫声；另一个则是"表达"层面，这个层面变化较多，也更接近鸟鸣的旋律。宫川茂的意思并不是指人类的语言真的源自鸟鸣，因为这两种沟通系统并不是从同一个源头演化而成；但他认为，在过去5万年到8万年之间的某个时期，这两种沟通方式逐渐融合成现代形式的语言。他表示："没错，人类的语言非常独特，但其中两个要素在动物界都有先例。我们认为有可能这二者融合之后，便形成了独一无二的人类语言。"如果这是真的，我们最想问的一个问题便是，它们是如何融合的？但这个问题至今仍未获得解答。不过，我倒蛮喜欢这个概念的——人类的语言表达中可能包含或反映了鸟鸣的旋律。

关于鸟鸣近似人类语言的说法，在生物学上还有更多确实的证据。鸟类和人类发声时所用到的大脑回路类似。人脑中负责感知语言的区域名叫“韦尼克区”，就像鸟脑内负责感知歌声的区域；主管人类语言产生的“布罗卡区”则如同鸟类制造歌声的区域。鸟脑和人脑最像的地方在于，二者都有负责制造歌声或语言的区域，而且感知歌声（语言）的区域和制造歌声（语言）的区域之间都有连接（通路），这[157]是那些不具备发声学习能力的物种所没有的特质。这些通路中的数百万个细胞都彼此相连、沟通，所以我们的大脑才能在听到声音后发出同样的声音。

“如果二者的行为相似，大脑的通路也相似，则相关的基因就可能相似。”贾维斯表示。果然，那天下午在乔治敦大学的会议中，他就宣布了一项大规模国际性研究的成果：在为48种鸟类的基因组排序之后，研究者发现，人脑和鸣禽的脑内都有一组（超过50个）基因会在主管声音的模仿、说话和鸣唱的区域中开启或关闭，但那些没有发声学习能力的鸟类（如鸽子和鹌鹑）或不会说话的灵长类，则没有这个现象。因此，这或许是鸟类和人类在发声学习时共有的基因表现模式。

看到这则消息，我们不禁要问，人类和鸟类演化的时间相差如此之久，为何二者的大脑在学习发声方式上居然会相同？为何会有相似的基因和大脑回路？

针对这一点，贾维斯提出了一个理论。他的实验室最近用脑成像技术做了一项研究，结果发现，当鸟儿跳跃的时候，在它们的脑内那7个负责学习鸣唱的部位周围，有7个区块的基因会被启动。这样看来，鸟类掌管鸣唱和学习鸣唱的部位，似乎是嵌在负责控制动作的大脑区域中。贾维斯因而提出一个很吸引人的运动神经理论来解释发声学习的起源：大脑中负责发声学习的通路，可能是从那些负责控制动作的通路演化而来的。贾维斯所发现的那组人和鸟共有的基因中，有许多在被启动时都会在运动皮质的神经元和掌管发声肌肉的神经元之间形成新的连接。

对于经过专业舞蹈训练的贾维斯而言，这是一个很令人振奋的概念。他表示：“在鸟类和人类的共同祖先的大脑内，可能有某种古老[158]而通用的神经回路，负责控制四肢和躯干的动作。”在演化的过程中，这个回路被复制了一份，而新的回路被用来掌管发声学习。新的结构从旧有的结构或现存的基础素材中演化出来，这是演化上很常见的现象。旧有的结构发生变动，产生了新的功能。贾维斯认为，鸟类与人类在不同的时间点出现了这样的复制现象，但结果是一样的，二者都有了模仿声音的能力。

约翰包休斯解释道：“这是亲缘关系很远的分类单元，恰巧都以类似的方式来解决类似的问题的一个例子。”

如此看来，鸟类的发声学习至少经过两次（甚或三次）的演化。一次是发生在蜂鸟身上，另一次则是发生在鹦鹉与鸣禽的共同祖先身上，或分别发生于鹦鹉和鸣禽身上。至于人类，我们原先用来控制动作的大脑通路后来可能被用来掌管语言。

“人们很难接受这种说法。”贾维斯告诉我，“基本上这个理论会让人感到有些难堪，因为它贬低了语言以及发声学习回路的特殊性，但这是我所能想到的最能够用来解释现有数据的理论。”

值得一提的是，贾维斯的实验室也发现鹦鹉的发声学习回路的构造与鸣禽和蜂鸟略微不同。它们有一种超强的“鸣唱系统当中的鸣唱系统”，而这或许有助于它们学习鹦鹉所使用的不同方言。

贾维斯的这个理论或许能够解释发声学习如何演化出来，但却无法解释它为何会演化出来。在所有生物中，为何只有鸟类演化出这样别致的发声学习系统，以及那些用来辅助这个系统的既复杂又耗能的大脑回路？为何这样的发声系统如此罕见？针对这一点，贾维斯也有一个理论。

春天，一只急于展现自己歌喉的雄嘲鸫会不断寻找更高的栖木，直到它栖息在附近最高的一棵树上最顶端的枝头为止。然后，套句梭
159罗的话，它就会“像一个业余的小提琴家一样开始那冗长的表演”，甚至到了夜晚仍不停歇。它唱歌时，身子前倾，翅膀微开，喉咙大张，仿佛因为自己的歌声而感到亢奋。事实或许正是如此，它那美好、狂热、持续不断的歌声是某种形式的前戏。那是一首情歌，也是一首危险的歌。

它停在那毫无遮蔽的高枝上，整个暴露在空中掠食者的视线中，但它并未试图寻求掩护。相反地，它唱歌的目的就是为了凸显自己。如果它反复唱同一首歌，或许还有机会逃过猎食的鹰的目光。但它接连唱出不一样的歌声，等于是让自己置身于最引人注目的地方，仿佛在说：“我在这儿！我在这儿！来抓我吧！来抓我吧！”

贾维斯表示，这或许是发声学习行为如此罕见的一个原因。“动物如果发出这类多变的声音，会使自己成为容易下手的目标。”

贾维斯认为动物的发声学习能力或许存在一个连续体。“有些物种，如鸣禽和人类这类善于模仿的动物，位于最高那一端。那些不太

善于模仿的，例如老鼠（或许还包括若干种鸟类），则位于另一端。”能够学习发出复杂声音的，通常是那些位于食物链顶端的动物（例如人类、大象、鲸鱼、海豚），或是善于逃离掠食者的动物（例如鸣禽、鹦鹉和蜂鸟）。“其他动物都成了掠食者下手的目标。”他说，“要测试这个假说是否正确，得让一种动物在没有捕食者的情况下繁衍许多代，然后看它会不会自然而然地演化出发声学习的能力。”这样的实验很难做，但在理论上是有可能的。

东京大学的冈之谷一夫和他的研究团队提供了一些可以支持这个理论的证据。他们以白腰文鸟驯化亚种（*Lonchura striata domestica*，是文鸟家族中被驯化的一个亚种，不以歌声见长，但因毛色美丽，普遍被亚洲人当作宠物鸟）作为研究对象。结果发现，已经被驯化250年的白腰文鸟所唱出的曲子，比野生的文鸟更多变。冈之谷一夫猜想，这些被驯养的鸟类可能是因为没有了来自掠食者的压力，才发展出变化更多，也更复杂的歌声。而无论是白腰文鸟还是野生文鸟[160]的雌鸟，都比较喜欢这些富于变化的歌声。

“因此，我认为掠食者的存在，使动物不容易演化出发声学习能力，所以具备这种能力的生物才如此稀少。”贾维斯表示，“但它是有利于性选择的一个因素，或许对人类来说，情况也是如此。”

贾维斯之所以产生这样的想法，是因为有一天他坐在杜克大学的庭园附近的一座公园里看书时，突然听到一只歌带鹀（*Melospiza melodia*）在一株松树的树梢上唱歌。

“我抬起头，看到它正放胆大声地鸣唱。因为它反复唱着同一首歌，后来我就习惯了，于是我便继续看书，没有再注意它。但突然间，那歌声变得不一样了，于是我再度抬起头，想看看那是不是另外一只鸟所发出来的声音，但我发现还是同一只。5分钟后，它又改唱另外一首歌，让我再次以为是另外一只鸟。它就这样不断地引起我的注意，而我甚至不是一只歌带鹀。”

（这让我想起我的鸟类学老师有一次在课堂上让我们观赏的一幅漫画。画面中有两只鸟栖息在高高的树梢上。树下站着两位观鸟人，他们正拿着望远镜朝着上面看。其中一只鸟对另外一只鸟说：“他们还是找不到我们……我们来唱点不一样的吧！”）

对鸟类来说，鸣唱不仅危险，而且得付出很高的代价。因为这不但会让掠食者更容易注意到它，还会使它没有那么多的觅食时间。那么，鸟类为什么要这么做？

因为歌唱得好，是吸引雌性的最佳工具。贾维斯说：“具有发声学习能力的鸟（和鲸鱼）之所以改变歌声，是为了吸引异性的注意。雄鸟冒着让鹰和其他掠食者看见并攻击的危险，在光天化日之下站在树梢上唱歌，是在向雌鸟宣告：‘你看，我敢在这地儿纵情高歌，还能模仿这么多种不同的声音。’它们基本上就是在自我吹嘘：‘你看，我唱得多好，模仿得多好，选我吧！’”嘲鸫鼓胀着胸膛进行的帕格尼尼式演出，其实就是一种引人注目的宣传花招，意思是“嗨，宝贝，请你选我吧”。

为了交配，大自然中的生物往往会做出各种奢侈的举动。[161]

许多雄鸟求偶时都面临激烈的竞争，因为赌注很大。雌鸟必须精挑细选，它得选择一只基因合适而且能够保卫它的鸟巢和觅食地盘的雄鸟。而它评估追求者的一个方式，就是根据后者所唱的歌曲。如果雄鸟唱得“不对”，它就会另寻对象。

那么，关于雄鸟所唱的歌，后者最在意的是哪一点？（或者就像弗洛伊德所提出的一个问题：女人究竟要什么？）

长期以来，科学家们一直以为雄鸟能唱的歌越多越受青睐。但要评估一只雄鸟能唱几首歌不仅有难度，而且也很耗时间。不过，要评估它把一两首歌唱得多好则容易得多。研究显示，许多种鸣禽的雌鸟比较喜欢和那些唱得快而持久，或者歌声较为复杂的雄鸟交配。换句话说，重要的不是它能唱几首歌，而是它唱得好不好。

那么，怎样的歌才能挑动雌鸟的“性”致？关于这一点，不同种类的鸟似乎各有所好。沼泽带鹀（*Melospiza georgiana*）和被驯养的金丝雀的雌鸟，喜欢速度快得接近极限的颤音；斑胸草雀则偏好响亮的歌声。有些鸣禽的雌鸟无法抗拒悠长或复杂的歌曲，有些鸟类（例如金丝雀）会被“性感”（这确实是相关的科学家所使用的字眼）的音节所挑动。所谓“性感”的音节，指的是雄鸟用鸣管同时唱出的两种不同的声音，这时，它可以说是在和自己进行一场“二重唱”。这些性感的双声音节远比单声音节更能吸引金丝雀的雌鸟。

有些雌鸟钟爱“邻家男孩”的歌声，它们很在意雄鸟所唱的是不是正宗的地方歌谣。

许多鸣禽都有方言，这些方言都有很明显的“腔调”。就像波士顿南部人的口音，或阿肯色州人说话时慢吞吞的腔调一样，这些方言是后天学来的，并且像传家宝一般代代相传。科学家们让主红雀聆听录音时发现，它们对当地主红雀歌声的反应，远比对来自1800英里

162（约2900千米）外的主红雀的反应热烈。德国南部的大山雀的方言和阿富汗的大山雀明显不同，以至于前者认不出后者是它们的同类。就算在美国同一个州内，不同地区的鸟所唱的曲调，也可能全然不同。根据鸟类学家唐纳德·克鲁兹马的报告，住在马萨诸塞州外海的马撒葡萄园岛的黑顶山雀所唱的曲调，就和住在马萨诸塞州大陆的黑顶山雀不同。居住在两个地区的同一种鸟类即便彼此相距只有1英里（约1.6千米），甚至不到1英里，它们的歌声可能也不一样。加利福尼亚州的白冠带鹀便是一个例子。一个地方的白冠带鹀所唱的曲调和几码外另一个地方的白冠带鹀可能就有明显的差异。有些居住在两种方言交会地带的鸟儿会说两种语言。

人类语言的发音、字词的拼法和词汇，会随着时间而发生变化。鸟类在这方面也是如此。举例来说，如今的稀树草鹀（*Passerculus sandwichensis*）所唱出的曲调，就和30年前它们的祖先所唱的明显不同。前一阵子，罗伯特·佩恩所率领的团队记录了靛彩鹀（*Passerina cyanea*）20年来歌声演变的过程，他发现，每一只鸟所唱的都是它所学来的地方曲调，但其中都会有一些创新的成分。佩恩以这些成分为标识，追踪靛彩鹀的歌声如何代代相传。他发现，一只鸟所创新的部分，即便在它死后，还是会持续影响整个族群，最后便形成当地的鸟儿可以辨认并区分的传统曲调与区域方言。

这和雌鸟有什么关系呢？就像波士顿南方的口音在阿肯色州可能吃不开一样，那些不符合当地口音的歌曲或许也会让鸣禽的雌鸟失去“性”致。这可能是因为一只外来的鸟或许比较难以捍卫它的地盘。

贾维斯认为，这一切是和音调的调节有关。无论雄鸟唱的是又长又复杂的歌还是短而性感的音节，最终它能够掳获雌鸟的芳心，靠的是它对速度的拿捏和音高的把握。“这就像是一个超级兴奋剂。”他说，“就像一颗大鸡蛋对母鸡的吸引力一样。”（动物行为学家尼古拉斯·廷伯根[11]发现，母鸡喜欢大颗的鸡蛋：你如果拿一颗很大的蛋给一163只母鸡孵，即便它是一颗假的，那母鸡也会宁可孵这颗大蛋，而不孵小蛋。显然在它的心目中越大的蛋越好，即便这颗蛋看起来并不自然。）对鸣禽的雌鸟来说，音高准确、形式繁密的歌声最迷人。

鸟类歌声之精准委实令人惊讶。为了证明这一点，理查德·穆尼在乔治敦大学的会议中展示了两张并排的声谱图。左边那张显示的是他请一个人把一个简单的句子重复说100次时的声音模式。右边那张则是他实验室里一只斑胸草雀一再唱着同一曲调的声音模式。（“你请人来做这件事，得花钱才行。但斑胸草雀却一毛钱也不拿。”穆尼打趣道。）事实上，他找来的可不是一般人，而是一位攻读神经系统科学的博士候选人。这个人当天也和我们一起坐在观众席中，而且他还

是每一科都拿“A”的学生，口齿非常非常清晰。穆尼表示：“我请这个学生尽可能准确地重复‘I flew a kite’（我放风筝）这句英文。”（他说他之所以选择这句话，是因为它的音高接近斑胸草雀所唱的一个音节。）“至于斑胸草雀，我什么也没交代。”

在比较这两张并排的声谱图之后，结果相当明显，无论那位勤奋的学生多么努力地尝试，他重复念诵的那些句子差异还是很大。而斑胸草雀每次唱出的乐句几乎一模一样。穆尼表示，就准确度而言，“这只鸟就像一台绝不会出错的机器”。

这便是所谓的声音的一致性，也就是在每一次演唱时完美地复制一首歌的声音特色（音符的高低、旋律的变化、停顿时间的长短）的能力。对鸟类来说，这些细微的差异关系重大。

是哪些因素造就这样的准确度？鸟类的神经系统必须一再发出同样的指令给控制发声肌肉的系统；鸣管左右两侧以及呼吸系统的肌肉，必须在每个毫秒里进行精确的协调；此外，它们的肌肉还必须很有耐力，才不会疲劳。总的来看，这确实可以显示一只雄鸟高超的发声技艺。

至于雌鸟，它们似乎也把精准度当成衡量雄鸟发声技能的可靠指164标。在实验室中进行的研究显示，斑胸草雀的雌鸟特别青睐那些歌声具有较高一致性的雄鸟。雄性的大苇莺（*Acrocephalus arundinaceus*）若能唱出较一致的哨音，它的“后宫佳丽”也会更多。同样地，歌声一致的雄斑苇鹪鹩（*Thryophilus pleurostictus*）和栗胁林莺（*Setophaga pensylvanica*）也有更多的婚外情和非婚生子女。嘲鸫也一样，歌声较严谨稳定的雄嘲鸫有较多的后代，地位也比歌声较松散的嘲鸫高。

科学家们仍试图厘清雌鸟为何会如此在意雄鸟的歌声是否精确、地道。或许雌鸟认为雄鸟在这方面的杰出表现，显示它的身体很健康。雄鸟或许是想借着它那嘹亮、持久且始终一致的歌声向雌鸟宣示，它很能控制自己的肌肉，健康状况也很好；因为一只精力较差的鸟是无法有这种表现的。至于它歌声中的其他特色——所谓的“结构性的特色”，包括它唱得像不像它所模仿的雄鸟、歌曲的语法是否合理以及有多么复杂等，则可能透露出它幼年时是否营养充足，没有压力（或者能忍受压力），以至于它的大脑结构良好，运作正常。举例来说，金丝雀要唱出“性感”的音节，鸣管左右两侧的肌肉必须高度协调才行。金丝雀雌鸟可以借着聆听雄鸟唱出的音节是否非常“性感”来排除那些鸣管两侧肌肉协调不良的雄鸟。

由于鸟儿的鸣唱是一种极其精细复杂、难度很高的行为，它或许成了一个方便、可靠的指标，让雌鸟可以以此衡量雄鸟的整体健康状况和脑力。

杜克大学的学者史蒂夫·诺维茨基表示，谈到这点，就要回头谈谈雏鸟的成长关键期。在这段时期，雏鸟脑内会产生大量的连接，以形成它的鸣唱系统。此时，它的身体也迅速地成长。一般来说，鸣禽的雏鸟在出生后的10天之内，体重便会达到成鸟的90%左右，成长的速度快得不可思议。要长出这么多的神经元、肌肉、羽毛和皮肤，需要大量的营养供应。因此这是它特别容易受到伤害的一个时期。如果这段时间内发生了什么事情，例如父母亲无法为它提供足够的食物，[165]它染上了疾病或受到其他方面的压力（例如来自手足的竞争），它脑内的鸣唱回路就无法发育好。被关在笼子里且食物不足的鸟儿脑内的鸣唱组织会发育不良，使它们无法准确地学习成鸟的歌曲。举例来说，有一项研究显示，食物充足的斑胸草雀在学习成鸟的歌曲时，可以达到95%的准确度，而食物不足的斑胸草雀却只能达到70%。二者之间的差异听起来或许不是很大，但对雌鸟来说，却是天壤之别。它能够“嗅出”雄鸟歌声中的错误，并因此而鄙视它。换句话说，歌声的好坏决定了一只雄鸟的价值。它的歌声会泄露它一生的经历。

歌唱得美妙而准确，也可能显示雄鸟脑力高超，而且学习能力很强。这种“认知能力假说”认为，雌鸟可能是以智力的高低作为选择伴侣的标准，而歌声只是智力的衡量指标。换句话说，它们认为歌唱得比较好的雄鸟学习能力较强。这种理论认为，歌唱得好的雄鸟不仅能够更好地学到、记住并忠实再现它所模仿的歌曲，也可能比较善于执行其他需要脑力的任务（包括学习各种事物、做出决定和解决各种问题，比如在哪里觅食、何时进食、要吃什么、如何避开掠食者、如何吸引异性等）。雌鸟期望能得到“好的”基因，也希望自己未来的伴侣能为后代提供充足的食物，因此对它而言，以上这些特质都很棒。不过，目前科学家们还不清楚很会唱歌的雄鸟是否也很擅长执行那些需要认知能力的任务。目前这方面的证据并不明确。

圣安德鲁斯大学的内尔吉·布格特在实验室中研究一批单独关在笼子里的斑胸草雀雄鸟，她给它们出了一道简单的题目：把一个木制水槽上的塑料桶盖子撬开，才能拿到食物。结果她发现歌声比较复杂（每一个乐句中包含更多元素）的雄鸟的解题速度，比歌声中含有较少元素的雄鸟更快。这显示雌鸟可能是根据雄鸟的歌声判断它的觅食能力，即它是否能够很快学到去哪里觅食以及如何觅食。

但事情没有这么简单。布格特的研究小组后来让歌带鹀的雄鸟从事更多需要用到认知能力的任务，例如反转学习、空间与色彩连接任

务，那些比较会唱歌的雄鸟表现有好有坏。在某些测试项目上，它
166们表现得比较好，但在其他一些项目上，它们的表现较差。最近，一项关于置身于群体中的斑胸草雀（这更接近它们原本的环境）的研究发现，歌曲是否复杂与其他认知能力的高低没有关联。歌唱得最好的那些雄鸟在解决问题时的表现，并不比那些歌声平平的雄鸟更好。布格特认为，这可能是受到一些因素的影响，例如压力、动机、注意力被分散，以及社会地位的高低等。

在野外，要测试雄鸟的歌声优劣与认知能力的高低之间的关联，或许更不容易。不久前，有着冒险精神的科学家卡洛斯·博特罗想出了一个很特别的研究方法。当时任职于北卡罗来纳州国家演化综合研究中心的他，携带着灵敏度极高的录音设备行走于南美洲好几个国家的沙漠、丛林和灌丛，把野外的嘲鸫的歌声录了下来。在存录了由29种鸟所唱出的100首歌后，他发现住在气候变化无常地区的嘲鸫所唱的曲子比较复杂。这些地区由于气候不稳定、降雨不规则、气温变化大而环境多变，食物来源并不可靠。生活在这些地区的嘲鸫不仅会唱更多的歌曲，也比较善于模仿其他鸟类的鸣唱与鸣叫，并且它们的音高更准，曲调更一致。博特罗表示，或许雌鸟认为雄鸟的鸣唱技能显示后者足够聪明，能够应对环境中的种种变动。这显示雄鸟的歌声中有许多方面很可能反映它的整体认知能力，而这是受到性选择影响的结果。

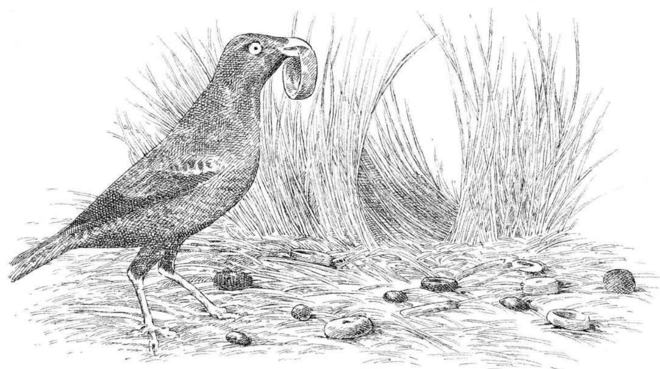
天色已近黄昏，距离鸟鸣会议的第一次休息时间已经有几个小时了。我再度走到外面去察看那株雪松，那只嘲鸫仍然栖息在枝叶深处，演唱着各种曲调，但这回它的声音很轻柔。

鸣禽的雌鸟是否根据雄鸟的歌声来判定它聪明与否？这点目前尚无定论，但在演化的过程中，显然雌鸟使得同类的雄鸟发展出了复
167杂、精确且异常美妙的歌声，以及用来制造这些歌声的致密大脑回路。正如鸟类学家唐纳德·克鲁兹马所言，雌鸟聆听雄鸟的歌声并且为它打分数的行为，已经“塑造”了雄鸟的样貌，导致雄鸟用歌声来向雌鸟显示：它够资格成为雌鸟孩子的父亲。雌鸟选择交配对象的条件使得“会唱歌”的基因留传下来，至于怎样才叫“会唱歌”，则是由每一种鸟类的雌鸟心灵深处的某种东西来决定。如此说来，雄鸟之所以会演化出一个极其复杂的鸣唱神经网络，以及一个在它唱得很准确时会给它奖励的大脑，都是拜雌鸟所赐，也就是所谓的交配意向假说。在雌性生物逐渐演化出鉴别雄性复杂的展示行为的能力时，雄性也越来越能意识到，雌性会如何评估它们的展示行为。在这个过程中，两性的大脑结构都受到了影响。

这只在雪松枝杈间低声吟唱的嘲鸫，并未看到任何雌鸟，它的秋

季之歌或许为它提供了另外一种奖赏。鸟类在春秋两季唱出美妙的歌声时，它们的大脑会分泌多巴胺和阿片样物质这两种令它们感到愉悦的激素，只不过两个季节分泌的数量不同，目的也不一样。赖特斯指出，阿片样物质不仅能引发愉悦感，还可以止痛。为了了解哪一个季节的歌声更能让鸟类大脑分泌具有止痛作用的阿片样物质，赖特斯观察了在春秋两季鸣唱的雄椋鸟，然后把它们抓起来，并将它们的脚泡在热水中。她预测在秋天唱歌的椋鸟能够忍耐得比较久。结果也确实如此，她发现，秋天的鸣唱更能引发阿片样物质的分泌。达尔文曾在书中写道，“鸟类之所以鸣唱，主要是为了在求偶的季节吸引异性”，但过了求偶的季节之后，“雄鸟……会继续以歌声自娱”。或许它们是为了消除疼痛。

雪松树上的这只嘲鸫小声地唱着，此时它虽然仍旧模仿着各式各样的曲调，但声音却轻柔优雅，显然是在唱给自己听。或许它是为了抵挡这刺骨的寒气。也有可能，当它把那些曲调唱得准确而优美时，它不仅不会感到疼痛，而且甚至会充满愉悦。[168]



第六章 艺术大师
——鸟类的审美趣味

我蹲伏在一棵圆果杜英树的板根后面，通过枝叶的缝隙观察。在这座雨林的地面上有一小片光线斑驳的区域，里面有一只鸟。它的大小有如鸽子，但羽毛是蓝黑色的，焕发着光泽，眼睛是亮紫色的。它的身后有一座用树枝搭建的典雅的小亭子，高度约有1英尺，由两面平行的拱墙所组成，而这两面墙则是由笔直的枝条构筑而成。亭子整体看起来倒像是某个孩子搭建的一座圆锥形玩具帐篷。这只鸟四周的地面上散置着各种色彩鲜艳的物品，在它们底下那层暗黄色树枝的衬托下，显得异常醒目，仿佛在林内这暗淡的光线中熠熠生辉。那些物品包括花朵、果子、莓果、羽毛、瓶盖、吸管、鹦鹉的翅膀、一只很小的玩具滑板和一个很像是蓝绿色玻璃眼珠的东西。那只鸟衔起一朵花，把它丢到附近，接着又挪动一根羽毛，推了推几颗珠子并拨弄一根吸管，显然正在依照颜色、大小和形状将它的战利品加以分类。在整个过程中，它不时往后跳一步，仿佛要察看自己刚才做出来的成品如何似的。察看完毕后，它又再度跳到前面去调整物品的位置。

如果几个星期之前你就在这里（位于澳大利亚东海岸的一个地方）观察这只鸟，你会看到它正在勤奋地工作。它先是拼命地把一块[171]地［面积约为1平方码（约0.84平方米）］上面的瓦砾碎石清除，然后便开始勤奋地搜集各种树枝和青草，并将它们均匀地铺在地上，作为它的“平台”。之后，它再从其中挑出上好的树枝，将它们分成两排，整整齐齐地插在清晨的阳光照射得到的地方，形成一条通道。接着，它又把细小的树枝均匀地铺在通道的北端，以作为那些装饰物的背景以及自己的舞台。最终，它将在这个舞台上面表演华丽的舞步和歌曲。

接下来，它就要开始收集宝物了。在这方面，它可不是随便什么东西都喜欢。这只鸟偏爱蓝色，它所搜集的东西包括几根蓝得像矢车菊一般的鹦鹉尾羽、一些半边莲的花朵、圆果杜英树的宝蓝色果实、紫色的矮牵牛、从附近一座农场偷来的飞燕草的蓝花、几块钴蓝色玻璃或陶器碎片、几条海军蓝的发带、几小块蓝绿色的油布、一些蓝色的公交车车票、几根吸管、几支圆珠笔以及那个玻璃珠，外加它从邻居那儿偷来的一个粉蓝色奶嘴。它把这些东西都巧妙地铺在泛黄的草

地上。如果花朵枯萎或莓果皱缩了，它就会换上新鲜的。如果你再看几天，可能就会看到它把干燥的南洋杉针叶嚼碎后，涂抹在树枝通道的内部跟它的胸口一般高的地方，形成一道条纹。

难怪早期欧洲的博物学家在澳大利亚的森林深处发现这些创作的时候都很迷惑，以为是原住民的孩童或他们的母亲所盖的别致娃娃屋。

我们对会盖房子的动物充满敬畏，这或许是因为人类本身也会盖房子。因此我们看到鸟巢（我们最熟悉的一种鸟类建筑），尤其是若干种鸟类所做出来的华丽鸟巢，总是赞叹不已。举例来说，织布雀会把植物交错缠绕并打结，造出精巧的巢。橙腹拟鹂（*Icterus galbula*）会迅速地衔着一根根植物纤维（有数万根之多）来回穿梭，将它们编织成鸟巢。家燕（*Hirundo rustica*）也会衔着泥土来回数万趟，在谷仓的椽上或码头和桥梁的下方造出杯状的巢。[172]

“鸟巢之所以呈圆形，正是因为鸟儿的身体。”儒勒·米什莱[12]写道，“它的家就是它的自身、它的形体……也可以说是它的苦难。”

我在婆罗洲的丹戎普廷区的一处河岸上看到露兜树的一根叶柄顶端有一只白喉扇尾鹟（*Rhipidura albicollis*）的杯状鸟巢时，不禁想到了米什莱的这句话。白喉扇尾鹟是当地的广阔森林中很常见的鸟种，但它那小而紧密的鸟巢却结构巧妙、做工细致，令人为之惊叹。这些鸟巢形状浑圆、尺寸小巧，只能勉强供雌鸟和雏鸟栖身。不知道这些鸟是否曾用自己的胸部对着巢壁施压，并用它们的身体按压和揉捏那些建材，使它们变得柔软而容易弯曲。这座鸟巢是用蜘蛛丝、粗糙的青草苞片固定在露兜树叶柄的顶端，巢壁则是以细草、互相交叠的微小叶片、树蕨的茸毛和一些丝状的细根编织而成，形成了一个小巧舒适的圆形杯状物。

最佳鸟巢建筑奖应该颁给银喉长尾山雀（*Aegithalos caudatus*）。这种鸟很常见，是山雀的近缘物种，生活在欧洲和亚洲。它的巢是一个有弹性的袋子，由有如钩子般的小叶苔藓组成，并用一圈又一圈带有绒毛的蜘蛛卵囊丝线织在一起，产生了类似尼龙搭扣的效果。此外，这种体形小巧的鸟还会用数千根细小的羽毛铺在袋子的内侧，以达到防水的效果，最后再用数千片细小的地衣薄片覆盖在袋子外侧，把它的巢掩蔽起来。整个结构一共由大约6000个不同的部分所组成。

“一只鸟的鸟巢最能反映出它的心智状态，也最能具体呈现它的推理和思考能力。毫无疑问，鸟类在这些方面具有很高的天分。”英国的鸟类学家查尔斯·狄克逊[13]在1902年写道。然而，很久以来，我

们一直认为鸟类筑巢行为完全是出自本能。刚出生时，一只鸟的基因里就有某种鸟巢“样板”，它并不真正清楚自己想做什么。就算在筑巢的过程中要动脑，那也只是在遵守一套简单的行为规范，所有的动作都已经设定好了。诺贝尔奖得主尼古拉斯·廷伯根曾经指出，银喉长尾[173]山雀在建造它们的圆顶状鸟巢时，会连续用到多达14个动作。但他接着又表示，他很惊讶“如此简单而一成不变的动作加起来居然能形成这么棒的结果”。

近年来，这种看法已经有了改变，因为科学家们已经发现越来越多令人信服的证据，显示鸟类的行为除了本能之外，也需要用到各种才能，例如学习能力与记忆力、经验、决策能力，以及协调与合作的能力。他们发现，银喉长尾山雀之所以能造出华美的巢，是配偶双方从头到尾互相合作的结果。在这个过程中，它们需要针对筑巢的地点、材料和建造方式做一连串的决定。

难怪苏格兰圣安德鲁斯大学的心理学家兼生物学家休·希利率领她的“学习与筑巢研究小组”，研究斑胸草雀在筑巢过程中会用到的大脑区域时发现：在筑巢期间，不仅它们脑内的运动回路被启动，连那些与社会行为和奖励有关的通路也被启动了。

2014年，希利的团队发表了一项实验的结果。这项实验的目的在于了解斑胸草雀是否能够根据经验，学会选择更有效的筑巢材料。野生的斑胸草雀会把巢建在浓密的灌木林中，所用的材料是草茎或细小的树枝。在实验室中，研究人员给它们两种筑巢材料，一种是又轻又软的棉线，另一种则是硬得多的棉线。他们在这些鸟筑了一会儿巢之后，把这两种棉线拿出来，让它们选择。结果发现，那些曾经用过轻软棉线的鸟会选择那些比较硬的棉线。筑巢的经验越多的鸟，越倾向于选择较硬的那种棉线。显然，学习的结果影响了它们对建材的选择。

为了进一步了解这些鸟是否会刻意选择特定的材料来掩蔽它们的鸟巢，研究小组在斑胸草雀雄鸟的笼子里贴上不同颜色的壁纸，然后再给它们两种筑巢材料（包括和笼里的壁纸同色的纸带，以及另外一种颜色的纸带），让它们自由选择。结果大多数鸟都选择和它们笼里的壁纸同色的纸带，这显示它们会考虑筑巢材料的特性，不是随便有什么就用什么。

同样地，斑背黑头织雀（*Ploceus cucullatus*）在有了经验之后，也[174]会变得越来越善于选择筑巢材料。年轻的鸟类喜欢用比较柔软细长的纤维来筑巢，但在有了经验之后，它们会变得越来越挑剔，拒绝使用任何人造之物，例如线绳、酒椰纤维或牙签等。此外，它们年

纪越来越大，也会变得越来越善于切割和编织，同时犯的错越来越少，造出来的鸟巢也越来越紧密。

不过，此刻那只毛色闪亮的鸟用树枝和各色物品所造出来的东西，可不是一座鸟巢。它不像银喉长尾山雀那样会和自己的配偶合力筑巢，而是把筑巢工作完全交给它的女伴。它之所以会造出这座奇特、精巧的亭子，目的只有一个——引诱雌鸟。这种具有超凡手艺和智力的鸟名叫缎蓝园丁鸟（*Ptilonorhynchus violaceus*）。

园丁鸟科的鸟类非常特别，以至于鸟类学家托马斯·吉拉德曾经表示，鸟类应该被分成两种，一种是园丁鸟，一种是其他所有鸟类。园丁鸟具有高智商的特征：大脑袋，寿命很长，有相对较长的发育期（它们出生后要过7年才会成熟）。此科鸟类共有约20种，全都住在新几内亚和澳大利亚的雨林和树林中，其中17种会建造亭子。或许除了人类之外，它们是世界上唯一会以陈列大量物品的方式来引诱伴侣的动物。

一只雌鸟站在那里，一身晦暗的橄榄棕色羽毛，体形和那只正在追求它的雄鸟差不多。它已经在这附近巡视了一阵子，察看其他三四只雄园丁鸟的手艺，并为它们所做的装饰打分数。在这婚配市场中，它是买方，因此它正在到处挑选最适合它的物品。它停在我们的男主角所造的亭子南边的林地上，显得有些迟疑。它似乎还挺喜欢眼前所见到的景象。或许那亭子的对称性结构让它满意，也可能它喜欢那个粉蓝色的奶嘴。过了一会儿，它跳进了那座舒适的小亭子，对着里面的枝条啄了几下，并尝了一下雄鸟小心翼翼涂抹在亭子内侧墙壁上的[175]东西。

雌鸟降落后，雄鸟立刻停止整理的动作，变得活跃起来，它开始狂热地跳跃舞动，并且用它的喙从那些宝贝收藏品中衔起几样物品，丢在它的舞台各处。然后它突然开始变得像一台机器一般，发出嗡嗡嗡、呼呼呼的声音，看起来像是一个会摇摆的发条玩具。它不像别的鸟儿那样低声唱起情歌或昂首阔步、展现雄风，反倒像是一个动作不平稳的机器人或假人。它先是快速地来回摆动翅膀并张开尾羽，然后便以一种戏剧性的姿态从平台的一端跑到另外一端，仿佛要攻击某个侵略者。接着，它又突然开始模仿其他鸟儿的歌声，先是笑翠鸟（*Dacelo novaeguineae*）绵延不绝的大笑声，然后是利式吸蜜鸟（*Meliphaga lewinii*）那有如机关枪一般的声音，接着又是葵花鹦鹉（*Catatua galerita*）、澳洲渡鸦（*Corvus coronoides*）和黑凤头鹦鹉（*Calyptorhynchus funereus*）等鸟类比较轻柔的叫声。它一会儿咯咯笑，一会儿嗡嗡叫，一会儿又发出吱吱吱、嚓嚓嚓的声音，并展示自己灿烂的羽毛。它那两只突起的眼睛闪闪发亮，并且泛着红光，看起

来有些怪异。之后，它停顿了一会儿，眼睛凝视着某处，然后又跳来跳去。过了几分钟，它突然再度展示自己，把脖子往前伸，再次拍动翅膀，接着便衔起一个小装饰品——一片黄色的叶子，以僵硬的姿势跳到亭子的入口，对着那雌鸟，鼓起它那身灿烂的羽毛，让自己的体形显得更加庞大，并做出一连串深蹲的动作。

雌鸟专注地看着这一切，并为它的表演（这类表演的时间可能只有几秒钟，但也可能长达半小时）打分数。

突然间，我们的男主角向旁边跳过去，女主角吓了一跳，立刻就飞出亭子，不见芳踪了。

雄鸟失去了它。

为什么会这样，究竟哪里做错了？

这是园丁鸟在它们的世界里所必须面对的冷酷事实，成功吸引雌性的例子并不多见。在求偶过程中，雌性握有选择权，而且它们会精挑细选，以至于经常会出现一个现象：某只雄鸟非常幸运，可以和二三十只雌鸟交配，其他的雄鸟则毫无斩获。之所以会如此不公平，原因很复杂，也颇为有趣，让我们得以探讨园丁鸟是如何发展出艺术才能和高度智商的。雄鸟跳舞并展示它的收藏品（就是那座用小树枝搭建而成、结构对称的亭子和包括蓝色的吸管在内的物品）的行为和176雌鸟对“理想伴侣”的概念有什么关系？雄鸟的“艺术才能”是否代表它智商高、有审美能力？

针对这些问题，我们可以试着在缎蓝园丁鸟的故事中寻求解答。马里兰大学的生物学教授杰拉尔德·博尔贾已经研究园丁鸟超过40年的时间。他表示，园丁鸟的雄鸟会表现出很极端的展示行为，而雌鸟则非常挑剔。

雌鸟在意的是什么？

作为配偶，雄园丁鸟并不会带给雌鸟任何直接的好处。它不会帮雌鸟育雏或保卫地盘，雌鸟从雄鸟那儿所得到的只有它的基因。因此，雌鸟并不会浪费时间去评估雄鸟的觅食能力或其他能力。相反地，它会仔细察看雄鸟所搭建的亭子和那些装饰品，也会评估后者跳舞和模仿的能力，及其在求偶时所展示的其他技能。

到处物色物品需要耗费时间和精力，因此，这些展示行为必然具有重大的意义。博尔贾指出，事实也的确如此，雄园丁鸟的展示行为

显示出它聪明灵活的程度。

试想，雄园丁鸟需要做些什么，才能造出一座上好的亭子？

首先，它要选择一个绝佳的地点。聪明的雄鸟会把它的亭子造在最能让它的展示行为具有吸引力的地点。博尔贾研究的那些缎蓝园丁鸟所建造的亭子，都是坐南朝北或坐北朝南。“它们似乎希望在展示时能有最合适的光线。”他说。有时它们会把平台四周的叶子修剪干净，以便让更多的光线照射进来。

其次，它需要有相当的艺术才能。雌鸟喜欢做工出色、亭壁对称、枝条整齐而浓密的亭子。因此，雄鸟必须找到上百根长度合适的细枝条，并将它们紧密地插在地上，形成两面弧形的厚墙。为了让这两面墙壁能够对称，它使用了一种名叫“模板”的心智工具。博尔贾解释[177]道：“雄鸟会衔起一根枝条，然后站在亭子中央通道的中线。”接着它会把那根枝条插在已经造好的那面墙（这时它的嘴里仍然含着那根枝条），然后再拔出来，并且转动身子，将枝条插在另外一面墙的同样的地方。有几种园丁鸟很灵活，会修改这个技法。当研究人员故意把好几只雄鸟所造的亭子弄坏，将两面对称的墙壁当中的一面摧毁时，它们表现出极为灵活的心思，它们并未把剩下的枝条平均分配到两面墙那儿，而是集中全力重建被毁掉的那面墙。此外，要装饰它的亭子也不是一件容易的事。雌鸟喜欢装饰品，而且是很多的装饰。因此雄鸟得搜集那些闪亮的玩意儿，如果有人把这些宝贝从它的亭子那儿拿走，它的库存便会一下子少很多。它经常会从外面拿东西回来，加入它的收藏，有时甚至会不择手段，例如趁隔壁的雄鸟不在时，偷取后者亭子里的东西。它的精力全都花费在让它的亭子保持完整并装饰得整齐漂亮上。

每一种园丁鸟都有自己偏好的装饰品，也会根据它们所置身的环境，精心挑选颜色来衬托这些装饰品。博尔贾指出，把亭子建在开阔的林地上的斑大亭鸟（*Chlamydera maculata*，它们是缎蓝园丁鸟的亲戚，生性好斗）喜欢绿色以及银光闪闪的物品。“它们会把钱币、珠宝和崭新的钉子放在亭子的重要地点，把步枪的弹壳放在远一点的地方。我们发现有一只园丁鸟会把崭新而闪亮的钉子放在亭子的通道处，把已经生锈的钉子放在亭子后面。它是把好的东西和没那么好的东西分开来放。”园丁鸟往往会把它们的亭子建在垃圾场附近，因为这样一来，它们就有各式各样现成的鲜艳闪亮的东西可以拿。博尔贾曾经在一位制作彩色玻璃的艺术家的房子附近，发现一座由一只斑大亭鸟建造的亭子，里面放满了细小的彩色玻璃碎片，而且还依照颜色分类。“它摆放那些碎片的方式很特别，”博尔贾表示，“看起来就像马赛克图案。”

生长于新几内亚高山雨林的褐色园丁鸟（*Amblyornis inornata*）会以小树的树干为中心，搭建一座高高的、类似印第安人棚屋的建筑，它[178]被称为花柱式亭子。亭子的屋顶是用附生兰的茎编织而成。亭子外围的地面有一层苔藓，园丁鸟在苔藓上放置一小堆颜色鲜艳的花朵、水果和色彩斑斓（红色、蓝色、黑色和橘色）的甲虫翅膀，看起来有如一幅美丽的静物画。它们有时还会在显眼的地方放置某个宝物，例如从附近的传教士小屋偷来的一只有橘色条纹的圆筒白短袜。

住在澳大利亚北部的桉树林中的大亭鸟（*Chlamydera nuchalis*）喜欢简洁的背景。它们用的大多数是石子、骨头和泛白的蜗牛壳。（在2014年12月的一场暴风雨中，巴西的研究员艾达·罗德里格斯在昆士兰做田野观察时，发现那里的大亭鸟居然把一些大颗的冰雹放在它们的展示品当中。）这些白色的背景把它们放在亭子通道入口的闪亮物品衬托得更加显眼。它们会把绿色的物品仔细地放在通道的两侧，排成直线或椭圆形，红色的物品则会被散置在平台的边缘。

大亭鸟会建造两座椭圆形的平台，平台由一条长长的通道相连，通道两侧的亭壁是以褐红色的枝条搭建而成。这些枝条多达5000根，数量非常惊人。雄鸟求爱时，雌鸟会站在通道的中央，通道中的枝条所散发出的淡红色光芒，可能会影响它对色彩的知觉，使得它对雄鸟颈背上红、绿、紫三色羽毛的感受更加强烈。这时，雄鸟会待在存放彩色物品的两座平台当中的一座，位于雌鸟看不到的地方，不时会从角落里探出头，把一样东西往雌鸟那儿丢，给它一个惊喜。这是雄鸟让雌鸟持续注意它的方式。雌鸟在通道里待得越久，就越有可能和雄鸟交配。

根据澳大利亚迪金大学的学者约翰·恩德勒的说法，大亭鸟可能还会玩弄一种视错觉的把戏。恩德勒表示，为了让雌鸟留下深刻的印象，雄鸟会把搜集的石子和骨头依照大小排列，离通道入口越远的物品越大。恩德勒认为，这恰好可以制造一种被称为强行透视的视觉假象。

古希腊建筑师在设计建筑物的柱子时，曾经采用类似的手法。他们让建筑物柱子越往上越细，使柱子显得比实际更高。近代设计迪士尼的代表性建筑“灰姑娘城堡”的建筑师，也采用了同样的手法。这座蓝色与粉红色城堡的砖块、尖塔和窗户，每往上一层楼就变得更小，[179]让你的大脑误以为这座城堡的顶端比实际高，电影《魔戒》也是采用这种技巧让霍比特人显得更加矮小。

但大亭鸟的做法显然正好相反，它们把比较小的物品放在距亭子

入口较近的地方，把较大的石子和骨头放在较远的地方。研究人员猜想，如此一来，当雌鸟从亭子里看出去时，会误以为那平台比实际更小，这可能会使那只正在展示的雄鸟以及它所收藏的彩色物品看起来比实际更大，色彩也更鲜明。雌鸟的脑袋就像我们的脑袋一样，可能会对它所看到的景象做出错误的假设。不过，事实是否如此，还需要针对鸟类的感知做更多的研究才能确定。

如果雄鸟真的会耍这样的视觉花招，它们需要具备怎样的脑力呢？恩德勒表示，这有可能只是不断尝试摸索的结果。它们可能是先随意摆放那些物品，然后走进亭子里瞧一瞧，之后再加以调整；它们也可能是根据一个简单的经验法则——小东西放近一点、大东西放远一点来行事，这种行为就比较复杂一些；它们还有可能真的具有透视的概念，知道它们应该按照什么样的顺序摆放那些物品，才能形成渐层的效果。不过，恩德勒表示，有一点我们可以确定，“这样的排列方式并非出自偶然”。他发现，大亭鸟非常坚持自己的设计，当他和研究小组把亭子里的那些白色和灰色的物品重新排放时，不出3天那只雄鸟就将它们恢复原状。

园丁鸟是色彩大师，它们会选择对比最强烈的颜色。在建造亭子前面的平台时，它们会在地上铺一层细小枝叶，在那昏暗的森林内制造出亮光，然后再用蓝色（大自然中最罕见的颜色）的物品加以装饰。有些科学家认为，大亭鸟之所以这么做，可能是为了搭配它们那一身[180]斑斓的羽毛。但博尔贾发现，它们并没有兴趣用自己的羽毛装饰亭子，它们就是喜欢蓝色。而在雨林昏暗的光线中，蓝色会和暗黄色形成鲜明的对比。

人类似乎也喜欢蓝色。一些调查结果显示，蓝色是最多人喜欢的颜色，这或许是因为它和自然环境中我们所喜爱的事物（包括晴朗的天空和干净的水）有关。据说身为色彩大师的画家劳尔·杜飞曾说：“蓝色是唯一能够在各种色调中保持特性的颜色，无论怎么变，它都还是蓝色。”在大自然中，蓝色之所以如此稀少，有一部分原因是脊椎动物从未演化出制造或利用蓝色色素的能力。东蓝鸲（*Sialia sialis*）背上的铁蓝色是科学家所谓的“结构色”的一个例子。它是光线和这种鸟的羽毛内三维结构的角蛋白互相作用的结果。

在缎蓝园丁鸟生活的环境中，蓝色的物品相对罕见，因此鸟儿经常用偷窃的方式取得它们。雄鸟亭子里的蓝色装饰品的多寡，反映出它从附近的亭子偷取东西的能力。一旦得手，它就必须将这些宝贝看守好，以防范其他园丁鸟。有些雄鸟不仅会前往其他雄鸟的亭子偷东西，还会搞破坏。它们要这么做，也需要具备相当的心智。缎蓝园丁鸟的亭子通常相距300英尺（约91米）以上。也就是说，一只雄鸟看

不到另外一只雄鸟的亭子。博尔贾认为，雄鸟能够洗劫一座不在它视线范围内的亭子，表明它知道并且记得亭子位于何处。

博尔贾的研究小组运用监控摄像机捕捉缎蓝园丁鸟抢劫的实况。雄鸟会暗中挑选下手的物品，并且快速采取行动。它会悄悄飞到另外一只雄鸟的亭子那儿，栖息在亭子上方的枝叶间，一动也不动。等到亭子主人确实离开后，它才会飞到地面上，立刻展开旋风式的行动，把亭子里的枝条拔掉，丢到一旁。三四分钟后，那只雄鸟花了好几天的时间才造好的杰作就被夷为平地，变成一堆细枝。之后，它还会后退一步，打量自己的成果。这时，它看到了一根蓝色的牙刷，就将牙刷带走了。

从雌鸟的眼光来看，一只雄鸟如果有一座完整无缺，又有大量蓝
181色装饰品的亭子，那么就代表它很善于偷窃，也很能保护自己的亭子，使其免于遭受其他雄鸟的偷窃和破坏。

缎蓝园丁鸟喜欢蓝色，但厌恶红色，如果你把一个鲜红色的东西放在它们所收藏的蓝色物品之间，它们就会很快将它拿开，并带着它飞到某个看不见的地方，把它丢掉。有些观察人士甚至说，只要给这种鸟的亭子涂上一丁点红色，就会让它大发脾气。

缎蓝园丁鸟为何讨厌红色？博尔贾认为它们把蓝色的物品放在黄色的背景上（这是在它们的栖息地看不到的一种组合），是在发出一种清楚而独特的信号，告诉来访的雌鸟：“这里有一座你的同类的亭子！”任何一种红色的东西都会造成污染，让这个信号变得不清楚。

缎蓝园丁鸟拼命清除亭子里的红色物品的行为，让当时和博尔贾一起做研究的博士生贾森·基吉（他目前任职于密歇根州立大学）想到了一个巧妙的点子：利用它们对红色的反感来促使它们做一些事情，以测试不同的雄鸟在野外解决问题的能力。

基吉想了解有些雄鸟是否比较聪明，而这些比较聪明的雄鸟，是否有较多的交配机会。

在其中一项测试中，他把三个红色的物品放在一只缎蓝园丁鸟的亭子里，并且用一个透明的塑料容器将它们盖起来，接着便开始计算它要花多少时间才能排除障碍——把那红色的物品拿走。有些鸟不到20秒钟就解决了这个难题，有些鸟无能为力。大多数雄鸟解决问题的方式是对着那个容器一直啄，直到它翻倒为止，然后它们再迅速把它拿走。但有一只鸟是站在容器上一直摇晃，直到那容器翻过来为止，然后把容器拖走，再处理碍眼的红色物品。

基吉所做的第二项实验要狡猾一些。他把几根长长的螺丝钉黏在一块红色的瓦片上，然后把那些螺丝钉深深地钉进地里，让那块瓦片无法移动。这样一来，那些缎蓝园丁鸟便遇到了一个新的难题，一个它们在大自然中通常不会遇到的问题。那些比较聪明的雄鸟很快就发现了一个新的解决方式——用落叶或其他装饰品把那块红色的[182]瓦片遮住。

事后，基吉计算那些能够巧妙解决上述两个问题的雄鸟是否也能得到较多的交配机会。结果他发现，那些能够最快解决难题的雄鸟也是交配冠军，它们的交配次数远比那些不太能干的雄鸟多。“聪明即性感！”基吉说道。

园丁鸟的亭子是一种艺术品吗？它们的雄鸟算不算艺术家？这要看你对“艺术”的定义是什么。就像“智力”一样，这个名词很难定义。《牛津英语词典》是这么定义的：“艺术是一种技能，尤其是人类的技能，是应用在设计上的模仿力或想象力。”《韦氏词典》则说，艺术“是源自经验、研究或观察的一种能力”，是“有意识地运用技能和创造性想象力的产物”。

生物学家的观点则不大相同。恩德勒认为，艺术“是个体创造外在视觉图案，从而影响其他个体行为的一种表现，而……艺术才能就是创造艺术的能力”。耶鲁大学的鸟类学家理查德·普鲁姆认为，“艺术是一种沟通形式，会和评估艺术的能力共同进化”。根据上述定义，园丁鸟的亭子显然称得上是艺术品，而园丁鸟也有资格被视为艺术家。

事实上，其他的鸟类创作或许也具有艺术性。有些鸟类会把它们的鸟巢装饰得华丽绚烂；黑鸢（*Milvus migrans*）喜欢用白色的塑料，猫头鹰则喜欢用排泄物和猎物的残骸。许多鸟类偏好闪亮华丽的东西。福布什在他的著作《马萨诸塞州鸟类》中曾经提到，有人目睹一只雄橙腹拟鹂看到一个小孩在把玩一个绑在缎带上的银质鞋扣，便俯冲下来，把那鞋扣叼走，织到它的巢里。我也曾在特拉华州的海边看到鹗（*Pandion haliaetus*）把闪亮的缎带、瓶子和聚酯薄膜气球的碎片带回巢。在新泽西州的蒙茅斯海滩，有一只鹗的鸟巢上还挂着一块手表。

有些鸟之所以喜欢闪亮的东西，可能是因为它们很美，也可能不是。但只有园丁鸟会用许多物品装饰它们的展示区。它们会寻找特定颜色的宝物，并且将物品排列得一丝不苟，以此吸引雌鸟。博物学家兼电影制作人海因茨·西尔曼曾观察过黄胸大亭鸟[183]（*Chlamydera lauterbachi*）装饰亭子的过程：“每次它出去收集东西回来后，就会研

究整体的色彩效果……它会用嘴巴衔起一朵花，放进它的各色收藏品中，然后退到一个最适合观赏的距离去观看，就像一个画家在审视自己的画作一般，只是它是用花来作画。”根据博尔贾和基吉的说法，缎蓝园丁鸟的雄鸟也有类似的动作。它会进入亭子，坐在以后雌鸟可能会坐的地方，仿佛是在以雌鸟的眼光观看它自己的摆设。然后它便会据此调整陈设。“我们的意思并不是说这种鸟具有心智理论的能力。”基吉表示，“但这仍然是一种非常有趣的行为。”

园丁鸟搜集彩色物品，加以分类并细心排列，只为了给它的观赏者或评估者留下深刻的印象，并影响其行为。你会怎么称呼这种行为？对我来说，这多少可以称得上是一种艺术。

那么，我们那位被拒绝的男主角到底哪里做得不对？它的亭子非常对称，也很有艺术性，它那明亮的舞台上面缀满了从对手那儿偷来的诱饵，同时它也展现了模仿声音和跳舞的本事。但事实证明，亭子里那位女士要的不只是这些。加州大学戴维斯分校的动物行为学家盖尔·帕特里切利认为，就缎蓝园丁鸟而言，成功的求偶行为并不只是一味地展现自己的聪明才智、艺术趣味并且虚张声势，别的东西也很重要，例如敏感度。

帕特里切利指出，生猛热情的鸣唱与舞蹈能够吸引雌鸟，但不能太过，过分地拍打翅膀和毫无节制地舞动，看起来可能像是威胁、挑衅另一只雄鸟的行为，会让雌鸟“性”致索然。因此，对雄鸟而言，事情有些难办。它们必须热切地展示，才能吸引雌鸟，但又不能过分，否则就会把雌鸟吓跑。要求偶成功，它们更需要敏感度，而非大动作，要让[184]自己像是在跳探戈，而不是在表演跆拳道。

为了观察不同的雄鸟如何处理这样的难题，帕特里切利在博尔贾的实验室做博士生时，想出了一个很妙的实验。她把一个小机器人塞进一只雌园丁鸟的毛皮内，制造出一只小小的机器鸟，然后在它身上装上好几个小马达，以便可以控制它，让它能像一只真正的雌鸟那样蹲伏，环顾四周，甚至还能抖开翅膀上的羽毛，做出交配的姿势。帕特里切利用这个方法控制雌鸟行为的变量，以便测量雄鸟的反应。她让雌鸟每次都表现出同样的行为，并同时用录像机记录23只不同雄鸟的反应。

录像数据显示，当雌鸟对它们的展示有一些反应时，这些雄鸟的敏感度差异很大。有些雄鸟会注意到雌鸟的反应，如果雌鸟似乎受到了惊吓，它们就会收敛一些，翅膀不会拍动得那么剧烈，身子也会后退一些。有些雄鸟则浑然不觉。

最后的结果是，那些比较敏感的雄鸟获得最多的交配机会，那些全心全意展示自己的力量和热情的雄鸟都无功而返。换句话说，性选择似乎有助于雄鸟演化出精巧的展示行为，以及妥善运用这种行为的能力。这可能就是我们的男主角没有做到的地方，它的社会行为不够优雅。

博尔贾指出，缎蓝园丁鸟并非天生就会建造亭子、布置平台、调整它们的歌声和舞蹈，并根据求偶对象的反应调节展示行为的强度。它们必须在年幼时学习这一切。这或许是雌鸟评估雄鸟的另一个线索：从雄鸟展示行为的品质——就像鸣禽的歌是否唱得准确一样——可以看出它在青少年时期的学习能力。同时这或许就像鸣禽学习鸣唱一样，可以显示一只雄鸟的认知能力。

雄鸟如果成功获取雌鸟的青睐，它的基因便能够繁衍下去。因此雄鸟都非常努力地学习建造精美的亭子和平台，并认真地练习求爱技巧。事实上，雄鸟醒着的时候，几乎都在忙着这些事情。

“年轻的雄鸟造的亭子都很烂。”博尔贾表示。它们无法像成鸟[185]那样，选择不同长度和大小的枝条并以适当的角度加以摆放，以造出弧形的墙壁，因此它们所造出的亭子都松散得一塌糊涂。“此外，未成年的园丁鸟用的枝条，有时粗得很离谱，这使得它们更难以建造出一座整齐美观的亭子。”基吉说，“还有一点很有意思：未成年的园丁鸟会一起建造同一座‘练习用’的亭子，但它们用的方式并非携手合作，而是一只雄鸟过来添加几根枝条，另外一只再过来把之前造的毁掉，重新来过；然后第三只又会前来添加几根枝条。”

随着时间的推移，年轻的雄鸟造亭子的技术会越来越好。它们主要是通过效仿成鸟的方式来学习。它们参观其他雄鸟的亭子，有时还会帮忙建造，或者仅仅为亭壁增添一两根枝条。此外它们也会在其他雄鸟的亭子上涂抹东西。（这是雄鸟用亭子引诱雌鸟的计划中很重要的一部分。当研究人员把雄鸟亭子里的涂抹物去除后，很少有雌鸟会回来接受第二次求爱和交配。）

除了建造亭子以外，未成年的雄鸟还会向成年雄鸟学习展示技巧，并且是以一种角色扮演的方式。当未成年的雄鸟造访一只成年雄鸟的亭子时，它会密切地观察对方的行为。这时它所扮演的往往是雌鸟的角色。未成年雄鸟或许会动来动去，不像雌鸟那般安静，但成鸟还是能够容忍，不会把它赶走。因为它的观赏对成鸟也有帮助。“这是双赢的局面。”博尔贾表示，“否则这种情况一定不会发生。”

试想，为了赢得雌鸟的芳心，雄鸟必须具备艺术才能，还得聪

明、敏锐、强壮、灵巧，而且有高度的学习能力。而雌鸟则必须有相当的智力才能评估雄鸟是否具有这些特质。正如基吉所言，选择配偶的过程并不容易，需要具备高度的认知能力。雌鸟必须在交配季节筛选可能的交配对象，它必须轮番造访各个雄鸟的亭子，观看它们的演出，然后再回头观察几次，最后才能决定和哪一只雄鸟交配。因此它必须知道那些亭子位于何处（这些亭子往往隐藏在灌木下方，而且有时相隔好几英里，因此它的脑海中必须有一幅相关的地图才行）。到了下一季时，它仍然必须记住这些亭子所在的位置。此外，它必须评估候选人[186]的建筑技巧，计算它们有多少装饰品（至少它得估计这些装饰品的数量），还得品尝它们涂抹在亭子内部的物质是什么味道（这可能是一种化学感应信号，让它得以评估一只雄鸟是否适合当它的配偶）。之后，它还得评估雄鸟的求偶行为，听听后者的歌声模仿得像不像，看看舞步是不是够活泼、技巧好不好，表演够不够热情有力。而且在这段时间，它还得面对自己可能受到攻击的恐惧。

它必须迅速做完这些事情，不能花上一整天的时间。然后，除了考虑它过去所做的选择以及后来的结果之外，它得将眼前这个追求者和其他所有追求者做个比较。

帕特里切利表示："这就像是招聘员工一样，你要先审核应聘者的履历，然后做个简短的面试，再进行时间较长的面谈。曾有经济学家针对如何找到优秀员工的问题（他们称之为'秘书问题'，显然这些经济学家都是男性），提出了一些模式。这些模式刚好都可以相当准确地预测雌园丁鸟可能会有的行为。"雌鸟每次遇到一只新的雄鸟时，都必须拿它来和自己记忆中曾经遇到的雄鸟们做个比较。如果它的条件较好，雌鸟就比较有可能接受它。

但是雌鸟为什么要这么挑剔，为什么要这么费事地去寻找一只善于学习、装潢、模仿、跳舞和解决问题的雄鸟？有一个解释是，雌鸟或许是利用雄鸟的亭子来评估它的基因的整体优劣程度，尤其是它的认知能力。雄鸟所展示出的许多特质当中，含有雌鸟在判定它是否适合作为配偶时所必须知道的信息，以确定它是从一只优良的蛋里面孵化出来的，身上没有寄生虫，有耐力，运动技能高超，认知能力也很强。根据基吉和博尔贾的说法，雌鸟是根据雄鸟的整体表现（亭子、装潢、歌声和舞步）来判定后者是否够资格成为它孩子的父亲。而其中最重要的或许是雄鸟的认知能力。博尔贾表示："雄鸟所展示出来的行为似乎都需要具备某种认知能力。"基吉也指出："雌鸟可以从雄鸟各方面的特质中，看出它的一部分状况。举例来说，蓝[187]

色装饰品的数量多寡，可以显示它的竞争力；从蜗牛壳（它们不容易毁坏，而且要花上几年的时间才能收集到）的数量，可以看出它

的年纪和生存能力；从模仿别的鸟鸣唱时的相似程度，可以看出它的学习能力与记忆力；从亭子的结构，可以看出它的运动协调能力和技巧。”光看其中一项不一定准确。“因此雌鸟必须凭借所有这些特质才能比较准确地看出一只雄鸟的整体品质。这就像是雌鸟为雄鸟的智力打分数。有总分，但不同的项目也各有分数。”（科学研究表明，人类的女性也是这样，她们会观察男性在语言和身体方面的表现，并以此对他们的智力做出准确的评估。事实证明，聪明的男人比较有吸引力。）

“只要雌鸟认为这些事情对它来说很重要，它就会选择认知能力较强的雄鸟。”博尔贾解释，不过他也指出，“我们至今仍无法确定雌鸟是刻意选择认知能力很强的雄鸟，还是因为认知能力较强的雄鸟才能展现较高明的求偶行为”。

无论如何，聪明的雌缎蓝园丁鸟似乎会挑选那些表演精彩的雄鸟。或许它之所以如此精挑细选，是为了让它的后代能够继承身体健康、免疫系统强大、富有活力、头脑聪明等良好特质。这种假设被称为优良基因模式。

另外一种理论比较激进，认为园丁鸟、孔雀等鸟类的雌鸟之所以会受到美丽的亭子和求偶表演的吸引，是因为这些东西很美丽。普鲁姆表示，这是达尔文的危险理论。他指出，达尔文认为艳丽的羽毛和美丽的亭子可以同时达到两种效果：它们可以显示雄鸟所具有的美好特质（例如精力旺盛、身体健康），但“它们本身就是美好的事物，不一定要传达任何有关健康的信息”。

罗纳德·费舍尔[14]是首个提出性选择模式的人。他认为动物之所
188以会演化出若干极其美丽但并不实用的特质，可能只是为了迎合异性的喜好。普鲁姆指出，达尔文认为雌性动物欣赏美丽的事物，也许纯粹是因为它们很美丽，是一个很大胆的观点。达尔文主张雄性动物可能是因为许多世代的雌性动物的喜好而逐渐演化出一些美丽特质（包括灿烂的羽毛、美妙的歌声、美丽的亭子等）。举例来说，由于雌孔雀喜欢绚烂的颜色和图案，雄孔雀就随之演化出美丽的羽毛。就园丁鸟的例子而言，雌鸟的眼光造就了亭子的美。换句话说，雌鸟的心态影响了雄鸟在求偶时的演出，使得雄鸟创造出这样的艺术作品，并演化出能够创造这些作品的大脑。这就像鸣禽的雌鸟让雄鸟唱出精致细腻的歌曲，并演化出使它得以唱出这些歌曲的特殊神经网络一样。

如果雌园丁鸟确实通过世世代代的性选择，使雄鸟造出美丽的亭子，那么我们不禁要问，在它眼中，什么样的东西才叫美？园丁鸟有

美感吗？它们对美的看法是否和我们相同？

人类以外的生物会有什么样的审美观呢？日本庆应大学的渡边茂教授在他的实验室中探索了这个棘手的问题。几年前，他测试了鸟类分辨不同风格的人类画作（例如立体派和印象派的差别）的能力。在最早期的实验中，他训练8只鸽子分辨毕加索和莫奈的作品。那些鸽子来自日本赛鸽学会，画作则取自一本画册内的复制品相片。研究人员训练那些鸽子辨识10张毕加索的画和10张莫奈的画，如果它们啄对了，就给它们奖赏。然后他们又拿那两位画家的其他作品（在训练期间，它们未曾见过的）以及其他画家同样风格的作品测试那些鸽子。结果他们发现，它们不仅能够猜中某一幅画是莫奈还是毕加索的作品，而且能分辨哪些是印象派的作品（例如雷诺阿的画），哪些是立
189体派的作品（例如布拉克的画）。（这项研究结果使他们获得了“搞笑诺贝尔奖”，原因是“它能够使人们在发笑之后开始思考”。）

为了了解鸟类是否能够像人一样区分美丑，渡边茂教授训练鸽子区分人类眼中“好”的画和“不好”的画。他发现那些鸟类确实能够根据色彩、图案和质地区分美丑。

这虽然挺不错的，但鸟类会偏好特定风格的画作吗？为了解答这个问题，渡边茂所率领的研究小组打造了一个长方形的鸟笼，让它看起来像是一座美术馆的展览厅，并且沿着这个“大厅”放置了一些屏风，上面印着不同风格的画作，包括日本的传统绘画浮世绘，以及印象派和立体派的画作。然后他们把7只禾雀放进笼子里，并计算它们在每一种绘画前面停栖了多久。结果他们发现，这7只禾雀当中，有5只对立体派作品的喜爱胜过印象派，有6只在日本浮世绘和印象派画作之间未表现出明显的偏好（这可能让那些日本研究人员感到有点失望）。不过，这是第一次有人试图证明，人类以外的动物可能对人类的画作也有特定的偏好。

近年的研究显示，根据色彩、笔触和其他线索来辨识绘画风格，绝对不是人类独具的能力。事实上，经过训练之后，连蜜蜂也可以分辨毕加索和莫奈的不同。

这样的研究很容易成为人们取笑的对象。“鸟类和蜜蜂对人类的艺术作品会有所偏好”这样的概念，颇有将其他动物拟人化之嫌。但渡边茂想探讨的并不是鸟类对布拉克的喜爱是否胜过对莫奈的喜爱，而是鸟类是否具有敏锐的观察力，是否能区分色彩、图案和细节上的差异。

鸟类是很依赖视觉的生物。在高空疾飞时，它们必须根据视觉信

息迅速做决定。如果你给鸽子看一些连续拍摄的风景照片，它们能够发现人类难以察觉的细微差异。此外，它们也能够光凭视觉就认出别的鸽子。[190]鸡也有这种本事。鸽子或园丁鸟的中枢神经系统的构造和人类大不相同，并不表示它们的视觉感知能力和分辨细节的能力不如我们。

以评估舞蹈中的细微动作而言，有几种鸟类的雌鸟就很善于此道。金领娇鹟（*Manacus vitellinus*）便是其中之一。这种鸟以惊人的求偶特技表演闻名。就像园丁鸟一样，金领娇鹟雄鸟能否获得交配的机会，要看雌鸟对它的展示行为的评估。因此，它会表演一种“弹跳”的把戏。开始时，它会从一棵小树跳向另外一棵小树，然后它的翅膀会在半空中啪的一声往上翘，并在降落时迅速旋转身体，让它的胡须翘起来，形成雕像一般的姿势，以炫耀它那艳丽的黄色胡须（它喉部的羽毛）。这是一个极其困难的动作，需要良好的神经肌肉协调能力以及高度的耐力，就像一位体操选手试图完美落地一样。

金领娇鹟的情况就像园丁鸟一样，只有少数雄鸟能赢得最多的交配机会。为了了解赢家具有哪些特质，近年有一群研究人员用高速摄影机录下野生金领娇鹟的求偶表演，结果他们发现雌鸟偏爱舞步较快的雄鸟。但两只雄鸟的速度差距只有几毫秒。“雌性分辨雄性在动作模式（舞步）上的细微差异的能力，过去只在人类身上可以看到。”这些研究人员表示。

我想我可以分辨哪个芭蕾舞者跳得好，哪个跳得不好，但我能分辨谁的“大跳”动作花了3.7秒，谁的花了3.8秒吗？然而，金领娇鹟雌鸟却能在刹那之间看出这类细微的差异。

科学家们在检查雌雄金领娇鹟的大脑时，发现雄鸟的大脑中有专门控制动作的回路，雌鸟的大脑中则有专门负责视觉信息处理的回路。他们在进一步研究几个不同品种的娇鹟后发现，雄鸟的求偶表演[191]的复杂性和它的大脑重量之间有紧密的相关性。如此看来，雌鸟对雄鸟的特技动作的选择，似乎能够促使雄鸟的大脑演化得越来越大。这些科学家在研究论文中写道：“为了让雄鸟的求偶表演越来越快、越来越复杂，并让雌鸟评估这些表演的能力更上一层楼，娇鹟的大脑在演化过程中越变越大。”这是求偶脑假说的又一例证。

在艺术创作或求偶表演方面，鸟类就像人类一样，有能力分辨细微的影像差异。但诚如科学家们所言，我们必须根据鸟类的感官和认知世界来审慎考量这一点。动物用来观看这个世界的感知系统和人类的并不相同。举个例子，色彩并非这个物质世界的属性，而是生物用来处理、分析影像的视觉系统的产物。鸟类可能具有脊椎动物中最先

进的视觉系统，具有分辨许多不同波长的色彩的高超能力。人类的视网膜中有3种锥状细胞可以处理色彩，鸟类却有4种。有些种类的鸟类能够察觉光谱中的紫外光，但人类却看不见。此外，鸟类的每个锥状细胞里面都有一滴彩油，有助于它们看出各种相似色彩之间的差异。

“我们不知道园丁鸟的大脑处理色彩的方式是否和人类不同，”博尔贾表示，“我们针对缎蓝园丁鸟所用的装饰色彩的实验，并未发现它们观看色彩的方式和我们有太大的不同。不过有3种园丁鸟——大亭鸟、斑大亭鸟和西大亭鸟（*Chlamydera guttata*）或许可以看到紫外光。”换句话说，一只园丁鸟所排列的装饰品，在其他园丁鸟眼中或许和我们看到的差不多，但也可能是以我们所无法想象的方式闪闪发光。

不过，鸟类也可能根据一些通用的原则（例如对称性、图案和色彩对比）来判断美丑（或有没有吸引力）。比方说，20世纪50年代的一192些实验就显示，乌鸦和寒鸦明显偏好规律而对称的图案。

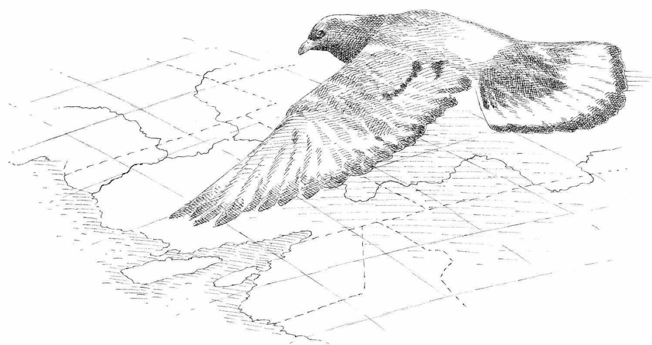
诺贝尔奖得主卡尔·冯·弗里希[15]曾经写道：“凡是认为地球上的生物是经演化而来的人，必然不断尝试了解动物最初是如何开始思考并且具有美感概念的，而我相信我们可以从园丁鸟身上找到重要的线索。”既然鸟类和人类的神经系统构造相同，我们怎能认定我们的美感与它们的美感之间毫无共通之处呢？

当我问博尔贾他是否认为园丁鸟可能有美感，也就是对美丽的东西有特殊的感受时，他说他不知道。“它们的大脑似乎可以逐渐产生某种图像，让它们知道自己应该把装饰品排列成什么样子。”他告诉我，“似乎年纪较大的鸟才有这种图像。当年纪较轻的鸟接管亭子时，它们并不能欣赏亭子原来的模样。”其中一个例子是，当那只搜集彩色玻璃碎片的斑园丁鸟死后，另外一只斑园丁鸟侵占了它的亭子。“但这只新来的鸟只是把那些碎片堆起来，似乎并不知道该怎样处理它们。”

这是否表示年纪较长的雄鸟具有美感？“我发现‘美感’这个名词很难定义，所以我试着避免这个字眼。”博尔贾表示，“我知道什么样的东西是美丽的，我觉得它们的亭子很美，但我不知道这是不是它们把亭子建造成那样的原因。”

没错，我们一点都不清楚一只雄园丁鸟对它的展品有什么看法。不过我们可以肯定，它在追女朋友时，不会做出浪费时间或让自己出洋相的事。相反地，它收集看到的蓝色物品，并且将它们排列好。它会设计图案、建造亭子并唱歌跳舞。雌鸟也很有脑力，会为它打分

数，看它是否聪明、体贴、有创意。雌鸟如果对它感到满意，就会献身给它。事情就是这样。[193]



第七章 心中的地图
——鸟类的时空感

秋末时分，你正从加拿大的某处开车往南边走，朝着美国本土的方向前进，意欲前往数百英里之外的一座农舍（那里的气候比较温暖）。突然间，有人把你从车子里拖出来，推进一辆密闭的车子里，并且把你带到机场，然后你便一路被蒙着眼睛，搭乘飞机横越美国，不知道自己会被带到哪里。好几个小时之后，飞机终于降落了。你立刻被推进另外一辆密闭的面包车，并且被带到一个不知名的地点。当你终于获释时，周遭的一切对你而言都极其陌生。此刻的你仍得设法前往那座位于美国的另一头、距离你有数千英里之遥的农舍。但你却没有GPS（全球定位系统），没有地图，也没有可以用来辨识方向的路标或罗盘。

这时，你该怎么办呢？

这大致上就是不久前发生在一群白冠带鹀身上的事。这种鸣禽头上有鲜明的黑白条纹，体重约1盎司（约28克），耐力惊人。它们通常在阿拉斯加和加拿大两地繁殖，然后飞到加利福尼亚南部和墨西哥195过冬。有一天，一群白冠带鹀在南飞途中经过西雅图，其中30只（包括15只成鸟和15只未成年鸟）被一群研究人员抓了起来，装进条板箱，用小飞机运送到2300英里（约3700千米）之外的新泽西州普林斯顿市，然后就被放走了。那些研究人员的目的是看它们能否找到路，前往它们过冬的地方。结果不到几个小时，它们当中的成鸟便认出了方向，开始一只只朝着加利福尼亚南部和墨西哥的方向飞。连年纪最轻、只有一次迁徙经验的成鸟也是如此。

白冠带鹀的大脑虽然只有坚果那么大，但它辨识方向的能力却远远胜过大多数现代人。人类虽然也能借着几个熟悉的地标（例如我们所熟悉的棋盘式街道上某座邮局或面包店的位置）辨认方向，但和那些白冠带鹀简直不可同日而语。后者在远离自己熟悉的地域后，仍然知道如何回到原来的飞行路线上。这实在是鸟类的心智最令人惊讶的特质之一。

它们之所以能够如此，不光是因为它们的记性很好，也不光是因为像某些理论所说的，它们天生有此本能、视力很好、能感应地球的

磁场，或对太阳的方位角很敏感等。正如德国弗赖堡大学认知科学中心的朱莉娅·弗兰肯斯坦所言：“辨识方向，知道自己所在的位置，并根据自己的经验在心中绘制一幅地图，是一个非常具有挑战性的过程。”这需要用到一些认知能力，例如感知能力、注意力、计算距离的能力、模拟空间关系的能力以及制定决策的能力。我们哺乳动物即使脑袋这么大，要做到这些都很困难。

那么，鸟类是怎么办到的？

过去我们一直以为这样的能力是鸟类与生俱来的，是它们的本能。但现在我们已经知道，鸟类要辨识方向，必须具备感知和学习能力。最重要的是，它们要能够在心中绘制一幅地图。这幅地图之辽阔远超我们想象，而且它们绘图的方式很奇特，我们至今仍无法完全196了解。

鸟类是如何找路回家的？目前我们在这方面的知识大多来自一种很普通的鸟。它们千百年来一直被人们拿来做白冠带鹀所接受的那类实验，这种实验便是赛鸽。这种比赛有时被称为“穷人的赛马”，其做法是先把鸽子装在笼子里，带到一个陌生的地点，然后释放鸽子，并将释放地点与鸽舍之间的距离逐次拉长。经过这样的训练后，它们甚至可以从千里之外，以平均每小时50英里（约80千米）的速度飞越广阔的陌生地域返回家园。大多数都可以顺利回家，但也有例外。

白尾就是一个例子。

2002年4月的一个早晨，在英国曼彻斯特市附近的海德镇哈特斯利区，资深的爱鸽人士兼赛鸽选手汤姆·罗登看到一只有白色尾巴的鸽子飞到他的阁楼的一处平台上。他感觉它有些眼熟，便察看它脚环上的牌子，这才发现它是他在5年前横越英吉利海峡的一次比赛中丢失的赛鸽。

白尾失踪的原因一直成谜，因为它并不是一只普通的鸽子。事实上，它是一只冠军赛鸽，曾经赢得13场比赛，并参加过15次横越英吉利海峡的比赛。不过，那次比赛也不是一次普通的比赛。它的结局太惨烈，大家甚至因此称之为“赛鸽大灾难”。

那次比赛是为了庆祝皇家赛鸽协会成立100周年而举办的。比赛时间是1997年6月底一个星期天的清晨。当时有超过6万只的信鸽从法国南部南特市附近的一个场地出发，要各自飞回它们在英国南部的鸽舍。比赛从早晨6点30分开始，当时，那些鸽子纷纷飞向空中。霎时间，空气中回荡着它们拍打翅膀的声音。它们要朝着北方飞行400

至500英里（约644至805千米）才能返回家。到了上午11点，在经过200英里（约322千米）的飞行之后，它们大多数都已经抵达法国边境，并开始穿越英吉利海峡。[197]

但后来却发生了一件事。

当天下午两三点时，那些参赛的英国鸽主都在他们的鸽舍旁等待，看哪一只鸽子最先抵达，但几个小时过去了，它们仍然渺无踪影，使得众鸽主既沮丧又纳闷。到了最后，好不容易才有零星的几只鸽子飞回来，其中包括罗登手下的几只速度最慢的赛鸽。然而，他的冠军赛鸽白尾却始终不见踪影。除了它以外，其他几万只经验老到的赛鸽后来也都没有回到家。它们失踪的原因至今成谜。不过后来陆陆续续有人发现了一些相关线索（这点我稍后会提到）。

时间再回到5年后那个凉爽的4月早晨。罗登刚刚走出家门要去遛狗时就看到了白尾。“我惊讶极了。”他对《曼彻斯特晚报》的记者说，“我之前总是告诉别人，我认为白尾总有一天会回来的。但后来连我自己都放弃了希望，我还以为我再也见不到它了……”

那次赛鸽大灾难之所以值得注意，是因为那种情况非常罕见。赛鸽很少会迷路，即便到了很远的地方，它们当中的绝大多数仍然能够飞回自己的鸽舍。红风火轮彭萨科拉便是一个很好的例子。它是一只美丽的雄鸽，身体是乳白色的，脖子上的毛和眼睛则呈宝石红。它在佛罗里达州的彭萨科拉市被放出来，之后飞行了930英里（约1497千米），回到它在费城的家。根据《纽约时报》的报道，这是美国国内外信鸽飞得最远的纪录。它获胜后，赢得了一个黄金脚环，上面刻着它的鸽舍和注册号码。之后它就退休，不再飞行了。那是1885年的事。

迄今，信鸽已经在全球各地的成千上万场比赛中屡创佳绩，有些信鸽的表现甚至远远超越红风火轮。不过，比赛中偶尔还是会有重大损失。其中一个例子便是，在英吉利海峡的“赛鸽大灾难”过了1年之后，有3600只信鸽在宾夕法尼亚和纽约等地的比赛中被放出来，结果只有几百只返抵家门，其中原因无人知晓。

的确，赛鸽偶尔会像信鸽专家查尔斯·沃尔科特所形容的那样[198]“栽跟头”。但它们也能够从一个完全陌生的地方找路回家。这两种情况当中，究竟哪一种更不可思议？对鸟类而言，要记得自己昨天从哪一条路线飞到那片满是幼虫的田野，或者要如何从那里返回自己温暖干燥的鸟巢，显然都不是一件难事。但要从千百英里之外找路回家，就是另外一回事了。

不过，相较于候鸟那不可思议的长途迁徙之旅，信鸽所飞的路程其实不算什么。近年来，拜新兴科技所赐，科学家们得以在鸟类身上安装微型追踪器，因此才终于了解它们长途迁徙的详细过程。长在北方森林、身躯娇小的白颊林莺（*Setophaga striata*），每年秋天都会从新英格兰和加拿大东部地区迁徙到南美洲。它们只要花两三天的时间就能飞越大西洋，抵达它们位于波多黎各、古巴和大安的列斯群岛的集结区。这段旅程长达1700英里（约2736千米），但它们中途毫不停歇。喜欢长时间日照、习惯长时间飞行的北极燕鸥（*Sterna paradisaea*），会随着季节的更替环绕地球一周。它们在格陵兰岛和冰岛等地筑巢，但每年都会飞到南极洲的外海过冬。这段路程来回将近44000英里（约70811千米）。根据北极燕鸥的平均寿命（30岁）计算，它们一生中所飞行的里程，可能相当于从地球到月球往返三趟的路程。

它们是怎么认路的？红腹滨鹬每年春天从南美洲的火地岛往北飞，中途在美国新泽西州的开普梅休息时，如何知道它应该怎么飞，才能飞到遥远的北极圈北部，抵达它去年繁殖的地方？黄喉蜂虎（*Merops apiaster*）每年夏天从西班牙的农田往南飞时，如何知道它该从哪一条路线穿越撒哈拉沙漠，才能飞到西非森林，抵达它熟悉的那个地方？太平洋杓鹬（*Numenius tahitiensis*）或灰鹱（*Puffinus griseu*）如何越过广阔单调的海域，回到它们的家园？

身为一个连在一小片林地中都很容易迷路的人，我真的非常钦佩鸟类认路的能力。人类就算手上有罗盘，都很难做到像它们这样。它们究竟是如何办到的？

要探讨这类问题，可以从家鸽（*Columba livia domestica*）着手。鸽子的名声向来不佳。有人说它们是长了翅膀的老鼠，总是在公园长199椅下凶猛地啄食那里的面包屑，或在市区的垃圾场翻寻觅食；有些人称它们就像渡渡鸟一样愚笨（事实上，这两种鸟也是近亲）。

的确，鸽子前脑的神经元密度只有乌鸦的一半。而且，只要自己的蛋或雏鸟不在它们的身体底下，它们可能就认不出来。此外，它们偶尔也会不小心把自己的孩子踩死，或将孩子扔到巢外。（不过，一位鸽子专家指出：“乳鸽的体形很小，而成鸽的脚却大上许多，因此我们应该感到奇怪的是，被踩死的乳鸽居然只有这么少。”）在筑巢方面，鸽子也是出了名地没有效率。它们一次只衔一根小树枝或咖啡搅拌棒回去当建材，就连麻雀一次都能衔两到三根。筑巢时，如果有些筑巢材料不小心掉落了，麻雀会立刻俯冲下去将它们接住，但鸽子只会任由它们掉到地上，并不会把它们捡回来。

因此，就某些标准而言，鸽子看起来似乎不怎么聪明。但事实上，它们远比你想象的更有脑力。举例来说，它们在数字方面颇为擅长，不仅能够计数（当然啦，包括蜜蜂在内的很多动物都会），还能计算得失，并学会一些抽象的数字法则。它们在这些方面的能力并不亚于灵长类。举例来说，它们能够把含有不同数目的物品的图片按照数字大小依序排列。此外，它们也能够判定事物的相对概率。

事实上，鸽子比大多数人（甚至包括一些数学家在内）更善于解决一些统计方面的问题，例如“蒙蒂·霍尔困境”。这个难题的名称源自美国昔日的一个电视游戏节目《让我们来做个交易吧》的主持人的名字。该节目会让参赛者试着猜测三扇门中有哪一扇门后面藏着大奖（例如一辆汽车），另外两扇门则藏着安慰奖（例如一只山羊），在参赛者选了其中一扇门之后，主持人会把另外一扇打开，让他看到里面并没有奖品，并让他再做一次选择，看他要维持最初的选择，还是改选另一扇尚未打开的门。

研究人员让鸽子在实验中玩类似的游戏，结果发现它们成功解决200问题（选出正确的“门”）的次数比人类还多。尽管改选另外一扇门会提高赢得大奖的概率（增加1倍），但大多数人还是会维持他们第一次的选择。然而鸽子则会从经验中学习，根据概率的高低，改选另一扇门。

这听起来似乎不符合逻辑。你可能会觉得，既然还有两扇门没有打开，猜中大奖的概率应该是50%。但事实上，如果改选另一扇门，获奖的机会将有66%。原理如下：一开始时，选对门的概率是三分之一，因此你选错门的概率是三分之二。当主持人蒙蒂打开那扇有山羊的门时，概率还是一样。（蒙蒂总是知道汽车在哪一扇门后面，所以他都不会打开那扇门。）这意味着，另外一扇门有三分之二的概率可能是正确的门。我知道你在想什么，到现在我的脑筋还是不太能转得过来。有许多数学家也是这样。（当玛丽莲·沃斯·萨万特[16]在《大观》杂志的《问问玛丽莲》专栏中讨论到蒙蒂·霍尔困境，并公布正确的答案后，她接到了9000多封对她的答案表示不认同的读者来信，其中有许多是大学的数学教授写的。）但鸽子显然不会。它们最初只是随机选一扇门，但后来就学会改选另一扇门。要像这样做出正确的选择，它们必须运用经验概率的原则，也就是观察许多次尝试的结果，并据此调整自己策略的行为，从而赢得奖赏。在那次实验当中，它们往往能够用最好的策略来解决问题，以增加获奖的机会；但人类却不行，即便在经过大量的训练之后仍是如此。

除此以外，鸽子也很擅长分辨一组物品是否完全相同。美国心理学家威廉·詹姆斯[17]曾说，这种能力是“人类思维的基础和骨干”。当

然，鸽子并非这方面的翘楚。最厉害的可能是佩珀伯格所研究的那只非洲灰鹦鹉亚历克斯，它不仅能够以极高的正确率说出两件物品在颜色、形状和材质方面是否相同，而且遇到两件物品没有任何相似或相异之处时，它还会说：“一点都没有。”此外，它也能根据颜色、形状和材[201]质等特性，将100多件物品加以分类。

鸽子也很擅长辨识看到的图像，例如英文字母和梵高、莫奈、毕加索及夏卡尔的画作（这点我先前提过）。它们能够区分照片中是否有人（无论这些人有没有穿衣服），也能熟练辨识人的脸部，甚至解读脸上的表情。此外，它们还能学会并记住1000多种影像，并将它们储存在长期记忆中，为期至少1年。

最重要的是，在没有现代科技辅助的情况下，它们认路的本事远远超过人类。在这种情况下，它们自然而然就被当成“长了翅膀的老鼠”，成为科学家们研究鸟类如何认路时的实验对象。

最近我一直在注意那些聚在市中心公共场所的红砖地上，有如一群戴着兜帽的僧侣或游客的鸽子。我越看就越喜欢它们。它们虽然害羞，看到不熟悉的事物不太敢靠近，但它们很好斗，适应能力也很强。近看时，它们身上的羽毛焕发着亮丽的虹彩。

鸽子育种的历史非常悠久，如今已经有数十个品种。其中有些比较特别（如翻飞鸽、“教士”、“修女”、扇尾鸽和骑兵鸽），是用来观赏的。它们的外形可能很华丽（例如球胸鸽看起来就像是被塞进手套里的一只网球）。

人们培育信鸽的主要目的是让它们参加比赛。我们在美国各城市里经常看见的野鸽子是17世纪初期随着欧洲移民搭船来到美国，但后来逃逸的家鸽（它们是第一批来到美国的外国鸟类）的后代。

我在城里看到的野鸽子经常在地上走动，它们有时会像鸭子一般，挪动着它们那矮矮胖胖的身躯，左摇右晃地四处走动，有时又会像士兵一样抬头挺胸，踏着利落的步伐前进。它们似乎不太喜欢在树梢上栖息，反而经常一排排地蹲在电线上，或躲进建筑物的隐秘角落，以[202]及柱顶、桥墩、大梁、枕梁、桥梁和房屋的涡形装饰里，尾巴垂直地抵着墙壁。我一直觉得很奇怪，它们为什么喜欢待在那些面积狭窄的壁架上呢？那不是很不舒服吗？

野鸽为什么不栖息在高高的树梢上，反而喜欢待在狭窄的壁架上？因为它们就像家鸽一样是原鸽（*Columba livia*）的后代，原鸽喜欢在海边的悬崖和地中海的岩石小岛上筑巢，并且会前往附近的田野

搜寻可吃的种子，然后再带回家给它们的孩子食用。很可能就是在这样的情况下，鸽子才演化出它们认路回家的能力。

根据《鸽子》的说法，人类将鸽子认路回家的本能加以利用，少说也有8000年的历史了。此书是鸽子文学的圣经，出版于1941年，作者是温德尔·米切尔·列维。他是爱鸽人士，也是一位科学家，曾经在第一次世界大战期间，担任美国陆军通信兵团鸽子部门的负责人（当时他是中尉）。

“有文明的地方，就有鸽子。”列维在书中表示，“越是高等的文明，对鸽子也越敬重。”

千百年来，信鸽一直被用来当成信差、快递员和密探。古罗马人用它们来公布竞技场里的胜负；腓尼基和埃及的水手用它们来通报船只即将抵达的消息；渔民用它们来宣布他们已经有了收获；在美国的禁酒时期，贩卖私酒的人士利用它们在走私船只和陆上的基地之间传话。据说欧洲的罗斯柴尔德银行很早就通过飞鸽传书，得知拿破仑在滑铁卢战败的消息，因此得以及时转移它的投资。19世纪中期，保罗·尤利乌斯·路透也用鸽子在德国的亚琛市和比利时的布鲁塞尔之间传递有关股价的消息，从此展开了他的新闻事业（即今天的路透社）。20世纪初期，往来于哈瓦那和佛罗里达州的基韦斯特的船只，也用鸽子传送他们已经安全抵达或在海上遇难的消息。

[203]在两次世界大战期间，鸽子被用来快速传递情报。它们的身上携带着以密码写成的文件，飞越敌方阵营传达军队移防的消息，或捎信给占领区的地下反抗军。这些会飞的密探被取名为嘲弄者、大钉、稳稳、上校的女人、亲爱的朋友等。列维表示，亲爱的朋友虽然在途中断了一条腿，胸骨也有裂伤，但还是完成了任务。还有一只名叫威尔逊总统的鸽子，在第一次世界大战期间失去了左腿。此外，一只名叫苏格兰的温基的鸽子在随着一群士兵搭乘轰炸机飞越北海上空时坠机，它被那些士兵从飞机的残骸中放出来之后，便立刻飞回120英里（约193千米）之外的苏格兰邓迪市，通知那里的空军基地飞机失事的消息，使后者得以派遣救援机前去拯救那架轰炸机上的机组人员。

在第二次世界大战的高峰，美国陆军通信兵团的鸽子部门一度拥有5.4万只鸽子。“我们致力于培育聪明、有耐力的鸽子。”该部门的一位工作人员表示，“我们要的是能够飞回家，遇事不会慌乱，而且聪明得足以独立作业的鸽子。当然，我们偶尔还是会碰到笨鸽子。不过你很早就可以看出哪些鸽子比较笨，它们要么就是不知道怎样飞回鸽舍，要么就是愁眉苦脸地蹲在角落里。”但他说大多数的鸽子都“很聪

明，非常聪明”。

最有名的信鸽之一便是大兵乔伊。它被英国派去中止军方轰炸一座被德军占领的小镇的计划，原因是有一旅上千人的英国部队即将占领那座小镇。大兵乔伊在20分钟内飞了20英里（约32千米），及时在那些轰炸机正准备起飞时加以拦阻。还有一只名为恺撒的灰斑雄鸽被送出罗马城，并在意大利南部被释放，之后它便一路往南，飞到它在突尼斯的鸽舍，为在那里进行北非战役的同盟国军队捎来了重要的情报。另外一只名叫丛林乔伊的勇敢的铜色鸽子，在4个月大时，便顶着强风，飞了250英里（约402千米），越过数座亚洲高山执行捎信的任务，因而使同盟国军队得以占领缅甸的大部分土地。

时至今日，古巴的政府官员仍然用鸽子传达偏远山区的选举结果。中国最近也成立了一支由1万只信鸽组成的部队。负责的一位军204官表示，这是为了让驻守在边境的部队在“有电磁干扰或信号失灵”的情况下，仍能彼此联络。

英国大文豪查尔斯·狄更斯曾经在1850年写道：“经常有人声称，信鸽之所以能够找到回家的路，不是因为它们很聪明或具有观察力，而是因为它们有某种我们无法理解的本能。但根据我个人的观察，我认为这并非事实。”

和狄更斯同时代的达尔文则认为，鸽子可能是在离家途中，以某种方式记下那些曲折的路线，然后利用这些信息找到回家的路。但现在我们知道情况并非如此，因为鸽子即使被关在会滚动的圆筒里，乘着一辆密闭的汽车经由一条迂回的路线抵达某个陌生的地方，它们被放出来之后，还是能找到回家的路，而且它们采取的是最直接的途径，不是原来所走的路线。

越过自己熟悉的地方回到一个已知的地点是一回事，但真正的导航，则是另外一回事了。这是一种在不熟悉的地方找出前往目的地的正确方向的能力，而且由于之前不曾飞过这样的路线，你没有任何数据可供参考，只能利用当地的一些线索。在这种情况下，人类非得依赖科技不可。我们有GPS和地图软件，让我们知道自己在地表的哪一个地点、要如何从所在之处前往目的地。但鸟类似乎有内建的定位系统，而且它们的系统能像GPS一样，适用于全球各地。

为了解鸟类是否真的能够认路，科学家们用船只、飞机、汽车等交通工具，将它们运送到某个遥远、陌生的地方，让它们无从得知距离或方位，然后再将它们放走，以观察它们如何找到回家的路。这叫作位移研究，是研究鸟类如何认路的有效方式。

科学家们认为鸽子和其他一些鸟类在辨识方向时，可能是采取一205种“地图—罗盘”的导航策略。首先，它们会确定自己被放出来的地点在哪里，要往哪个方向飞才能回到家。（这是地图阶段。用人类的术语来说，就是空间坐标系统会告诉它们，“我目前在家乡的南边，因此我必须朝着北边飞”。）其次，它们会利用一些地标或天空和环境中的线索辨识方位，让自己飞在正确的航线上。整个系统（包括地图和罗盘）似乎是由多种要素所组成，其中包括各种不同的信息，例如太阳、星星、磁场、地形景观的特色、风和天气。

有关罗盘的部分，我们目前已经有了颇为深入的了解。这有一大部分要归功于科学家们所做的数千项研究。他们所采取的方法，是让鸟类（其中以鸽子居多）的某一种感官无法运作，再将它们带到别的地方，看它们是否会迷路。

鸽子就像人类一样，多是视觉型的生物，所以它们应该会根据一些熟悉的地标（例如一丛长满节瘤的橡树、一道U形的河湾、一排灌木树篱或一座怪异的三角形摩天大楼）认路回家。事实证明，它们也的确会这么做，至少在旅程的最后一段是这样。

此外，鸽子也仰赖太阳的指引。它们就像蜜蜂一样，会借助自己体内精确的生物钟（所有的鸟类都有这种生物钟），靠太阳指引方向。这个生物钟让它们有时间观念，因此在一天当中的任何时候，它们都知道太阳应该在什么位置。但年纪较小的鸽子必须经过学习，才能依靠太阳指引方向。它会观察太阳在一天当中不同时间的角度，看太阳移动的速度（每小时大约15度），并将那个角度的图像记在心里。它如果只在早上才看得到太阳，便无法在下午根据太阳的位置辨识方向。它每天都会校准它的太阳罗盘，而它所依据的可能是黄昏时地平线附近可见的偏振光。一旦掌握了其中的诀窍，它对这种方式的偏爱就会超过其他方式，即使是在距鸽舍不到两三英里的地方，它也会选择用这种太阳罗盘（而非熟悉的地标）来辨认方向。

奇妙的是，鸽子即便戴上了磨砂镜片，还是能够认清方向，一路飞回鸽舍。根据康奈尔大学鸟类学荣誉退休教授查尔斯·沃尔科特的说法，当眼睛戴着磨砂镜片的鸽子快要抵达鸽舍时，它们会飞得很高，然后再像直升机一般地下降。这时，指引它们的是另外一种能力。
206

40年前，康奈尔大学的威廉·基顿以实验证明，在阴天的时候，身上带有小型磁条的鸽子会搞不清楚方向，以至于比控制组的鸽子更晚回到家。（你或许会说，我们身上如果绑着杠铃，行动自然会比较困难呀。不过，控制组的鸽子身上也佩戴着铜制的、没有磁性的假磁铁

条。）

地球像一块巨大的磁铁，磁力线（或称磁场线）从南北两极放射出来，越靠近赤道便越弱、越平。鸟类似乎能够侦测到磁场从垂直到逐渐倾斜的微小改变，并可能依此判定它们所在的纬度。

这项发现是20世纪60年代末期首次被提出来。当时科学家们用关在笼子里的欧亚鸲（*Erithacus rubecula*）做了几项实验。他们把这些鸟关在房间里，让它们无法接收到任何来自户外环境的信息。欧亚鸲是一种候鸟，通常会定期从北欧迁徙到南欧和非洲。这些被关起来的欧亚鸲在迁徙季节中显得很烦躁，这种现象被称为迁移性焦躁——它们的心跳会变快，仿佛要为飞行提供动力似的。它们尽管无法根据视觉信息判定南方在哪里，却似乎一直想要往南边去。当科学家用电磁线圈缠绕它们的笼子时，它们就显得很困惑，开始朝另外一个方向跳跃并拍动翅膀。

许多生物（小如蜜蜂，大至鲸鱼）都能感知磁场的存在。不过，我们至今仍无法确知动物如何感应到磁场。用灵敏的电子仪器侦测这些磁场是一回事，但德国奥尔登堡大学专门研究动物认路机制的生物学家亨里克·莫里特森表示：“只用身体感应地球那微弱的磁场，不是一件容易的事。”鸟类并没有任何一种感官是专门用来感应磁场的，但由于磁场可以穿透组织，它的感应器可能位于体内深处。

[207]有人提出一个理论，认为鸟类是用它们的视网膜内的特殊分子“看见”磁场。这些特殊分子会被光线中的若干波长活化，而磁信号似乎会影响这些分子的化学反应，使这些分子的动作变快或变慢（视磁场的方向而定）。视网膜神经受此刺激，便会发送信号给鸟类大脑内的视觉区域，使它得以判定磁场的方向。这一切都发生在比原子还小的层面，包含电子的旋转在内。这显示出一个很令人惊讶的事实：鸟类或许能够感知量子效应。这种能力似乎与前脑连接到眼睛的部分（被称为N神经元簇）有关。如果N神经元簇受损，鸟类就不再能判定哪一个方向才是北方。

若真是这样，它们会看见怎样的景象呢？这点我们很难得知，有可能是由一个个小点或交错的光影所形成的朦胧图案，而且这些图案在鸟类转动头部时，位置并不会移动。另外一种理论则认为，鸟类体内可能有一个磁感应器。这个感应器是由微小的氧化铁晶体组成，有点像罗盘里的指针，可以侦测到磁场的变化，并将这些信号转化成神经冲动。

不久前，科学家们以为他们已经在鸽子的喙中发现了这种微小的

磁感应器，其位置就在鸽子上喙的鼻腔内的6簇富含铁质的细胞内，但是当他们进一步检视从将近200只鸽子的喙中取出的25万个组织切片时，却发现事实和他们所设想的似乎有出入，因为不同鸽子的含铁细胞的数目差异很大。有一只鸽子只有200个，另一只却有10万个以上，还有一只喙部受到感染的鸽子则有数万个，而且恰好都位于感染的部位。因此，这些富含铁质的细胞似乎不是感应细胞，而是被称为巨噬细胞的白细胞。它们只是在回收它们所吞噬的红细胞里的铁质罢了。

事情就是这样吗？并不尽然。新证据显示，鸽子的上喙靠近皮肤处的一些磁感应受体会记录不同的纬度下磁力的强度。如果把连接鸟喙与鸟脑的神经切断，鸟类就无法判定自己身在何处。但负责侦测磁力的是哪一个组织？它位于鸟喙何处？这些问题至今尚未获得[208]解答。

不仅如此，近年来科学家们又在鸟类身上发现了一个可能有磁感应受体的部位——毛细胞（位于鸟类内耳的感觉神经元）内的微小铁粒子。这显示鸟类或许可以“听到”磁场。不过，信鸽的内耳被移除后，它们认路回家的能力并未受到影响。

无论这个磁感应器在哪里，它似乎都非常敏感。2014年，莫里特森和他的研究团队在科学期刊《自然》发表了一篇论文。文中指出，市民所使用的电器所发出的微弱电磁“噪声”可能会干扰欧亚鸲这种候鸟的磁罗盘。这里所谓的“噪声”，并非指通信基站或高压输电线发出来的噪声，而是指所有靠电流运作的物品所产生的背景噪声。这个消息震惊了科学界，如果这是真的，这类“电子雾霾”可能已经使鸟类难以辨识方向，而且其严重程度足以影响它们的生存。

过去很长时间以来，科学家们一直认为鸟类的磁罗盘只是阴天里的一套备用系统，但事实绝非如此。磁罗盘和太阳罗盘都是它们辨认方向时不可或缺的工具。因此，鸟类体内可能有几种不同的磁感应受体，这些受体会一起发挥作用，使鸟类得以感受到磁场发生的微小变化，以至于一只鸽子在没有月亮的夜晚飞越地中海上空时，还是可以找到路，返回它在北非的鸽舍。

除了罗盘之外，鸟类在认路时，也需要有一种类似地图的东西，以便在展开旅程时判定自己所在的位置，以及这一个位置和目的地之间的关系，使它能够飞往正确的方向。那么，鸟类心中有没有这种类似地图的东西呢？

这样的想法形成于20世纪40年代。当时美国加州大学伯克利分校

的心理学家爱德华·托尔曼[18]首次提出哺乳动物可能有一张关于它们所在空间的“认知地图”。托尔曼观察了老鼠在特制迷宫内的行为209后发现，它们能够找到新的、比较直接的路前往有食物的地方。托尔曼指出：“老鼠在学习的过程中，脑子里会建立某种类似环境地图的东西。”这张地图会显示路线、途径、死巷子和环境中的事物彼此之间的关系，以供日后使用。（那些追随托尔曼从事这类认知地图研究的科学家，被昵称为“托尔曼粉丝”。）

托尔曼认为人类也会建立这类认知地图，并且大胆地提出了一个概念：这种地图不仅能帮助我们在空间中辨识方向，也能帮助我们在“人类的世界这个上帝所赐予我们的大迷宫中”，认清我们的社会关系与情感关系。一个人如果有一张封闭狭隘的认知地图，他可能就会轻视他人，“痛恨外来者”（这是一个极其危险的现象），并表现出“歧视少数族群、破坏世界等行为”。解决之道何在？托尔曼认为，方法就是在心中建构一幅更宽广的认知地图，使其包含更辽阔的地域，以及更广大的社会范畴，拥抱那些被我们视为“他者”的人，以此激发同理心并促进人与人之间的了解。

科学家们之所以能发现鸽子可能在心中建构一份有关周遭环境的地图，是因为他们用鸽子做了类似当年托尔曼所做的迷宫实验，结果发现，鸽子就像那些老鼠一样，很善于记住空间方面的信息。它们能够记住之前曾经到过的地标，也记得这些地标相距多远、在什么方向等，并运用这些信息抵达它们不曾去过的地点。

这种能力叫作小规模导航。有些鸟类确实非常擅长此道，其中的翘楚便是那些具有“分散性贮藏”习性的鸟类，例如北美星鸦和西丛鸦。这些鸦科鸟类是空间记忆游戏的大师级玩家。

北美星鸦体色浅灰，长得像乌鸦一样，有美丽的黑色翅膀。它们210习惯在露营地觅食，因此赢得“营地强盗”的绰号。这种鸟原产于落基山脉以及北美西部的其他高地。为了度过那里的严冬，一只北美星鸦在一个夏天之内就会搜集3万多颗松子。它们的舌头下面有一个特殊的大囊袋，一次可以携带多达100颗种子。它们会把这些种子埋藏在多达5000个不同的地点（而且这些地点可能散置于数十乃至数百平方英里的区域），之后再挖出来食用。它们会记得每一个贮藏地点，而且可以立刻找到，不需要花太多力气寻觅。它们之所以能够如此，几乎完全依赖它们的记性，而且这种记忆可以维持长达9个月的时间。即便这段时期由于季节更迭，冰雪、落叶的覆盖，或岩石、土壤位移等因素，地貌产生了重大的变化，它们仍然能够记得自己贮藏食物的地点。

松子很小，因此每个贮藏点也都很小，北美星鸦用来发掘食物的铲子（也就是它那有如匕首一般尖利的喙）同样很小，因此它挖的时候必须非常精确才能正中目标，不能有丝毫的闪失。只要它在回忆贮藏地点时有一丁点的错误，它可能就找不到食物了。但10次里有7次，北美星鸦都可以正中目标。（这样强大的记性实在让我感到汗颜，因为我连自己把汽车钥匙放在哪里，或把西红柿种子播撒在哪里都记不得。）

问题是，它们是怎么找到那些种子的？它们靠的可不是嗅觉，有人提出了一种理论，认为它们是根据一些又高又大、不会被雪掩埋的地标（例如树木和岩石），在心中绘制了一幅地图，然后记下它们的贮藏地点和这些目标的相对位置、距离、方向，乃至几何关系和配置方式。举例来说，它们可能会记住某个贮藏点是位于两个很高的地标中间，或在这两个地标和另一个地标所形成的三角形的第三点。你应该可以想象，要像这样记住5000个地点的位置，是多么不容易的一件事。

生性狡诈的西丛鸦不仅能记住自己把食物藏在哪里，有谁看到，还能记住自己藏了什么，什么时候藏的。这点很重要，因为它们所埋211藏的东西除了坚果和种子之外，还包括水果和虫子，而这些食物腐烂的速度各不相同。气温很高的时候，虫子可能几天就腐烂了，但坚果和种子放好几个月都不会坏掉。剑桥大学的妮古拉·克莱顿和她的研究团队曾经做过一系列很有创意的实验，结果他们发现西丛鸦会把比较容易腐烂的食物在坏掉之前先挖出来，把那些不会腐烂的食物（例如坚果和种子）留到以后，因此它们是根据自己的经验（食物坏掉的速度）来决定要把哪些食物挖出来。要做到这一点，它们不仅必须记住贮藏食物的地点，还得记住贮藏的内容和贮藏的时间。一般认为，这种能够记住过往特定事件发生的内容、地点和时间的能力与人类的情景记忆（就是记住个人的特定经验的能力）很像。鸟类似乎像人类一样，可以运用过往发生的事件（它们埋藏了什么，什么时候埋藏的）来规划现在或未来要做的事（把食物挖出来或留到以后再挖）。

克莱顿和她的研究团队后来又继续做了其他类似的实验，结果显示西丛鸦似乎也有某种程度的规划能力（至少是先见之明），让它们可以灵活地调整每个当下的行动，以便增加它们未来存活的机会。

为了了解西丛鸦是否会未雨绸缪，克莱顿和她的研究小组将8只西丛鸦关在一只很大的笼子里，并且在里面隔出两个房间。第一个房间里面总是有早餐可吃，第二个房间则没有。他们让那些西丛鸦饿一整晚，等到第二天早上，再把它们送到那两个房间当中的一个，并且

让它们在这两个房间中各待三个早上。之后，他们便在晚上拿出食物（松子）让那些西丛鸦尽情地吃，并且允许它们把剩下来的松子储存在两个房间当中的一个。结果他们发现，那些西丛鸦会把剩余的松子储存在那个没有早餐的房间，这应该是它们预测自己第二天早上在那个房间里会没有东西吃的缘故。

[212]接着，研究人员又做了一些变化。他们在那两个房间里放置不同的食物给那些西丛鸦吃。其中一种食物是花生，另外一种是一粒粒狗粮。这回，那些西丛鸦在储存剩余的食物的时候，会将它们平均分配在两个房间里。

后来，克莱顿又和她的同事露西·奇克做了几项实验。结果显示，那些西丛鸦会把它们将来想吃的特定食物——也就是它们最近一直没有机会吃到的食物——储存起来，这表明它们会为了将来的需求而牺牲自己目前的欲望。“西丛鸦是否能‘预先体验’未来，这点目前尚无定论。”她们两位在论文中写道，“但我们的研究结果提供了强有力的证据，显示它们在未来的动机状态和现在的动机状态有别的情况下，能够根据前者行事，并且能灵活地加以调整。”

这些研究显示，至少有几种鸟类似乎具备了从事“心智时间旅行”的两个要件，也就是回顾过往（我被喂了什么食物？在哪里喂的？）和展望未来（我明天想吃什么？我应该把食物藏在哪里？）的能力。过去我们认为这种能力只有人类才有。

不过，我们还是再回头谈谈西丛鸦在辨识空间方面的天分。除了上述能力之外，它们还有其他的本事。我们之前提到，西丛鸦会窃取别人埋藏的食物。值得注意的是，无论它们埋藏食物的地点有没有变更过，它们都能很准确地把食物找出来。一只偷取食物的西丛鸦在看到别的西丛鸦埋藏食物时，也会在心中描绘一幅复杂的地图，并在日后凭借它的空间记忆力找到那些食物。同时，即便它观看时的位置与被埋藏的食物之间隔着一段距离，它在寻找那些食物时必须调整它脑海中的地图，它也仍旧能记得那个地点。

蜂鸟似乎也有类似的导航能力，只是规模较小。

我的朋友戴维·怀特住在弗吉尼亚州中部。他在院子里挂了一条带有S形钩子的弹力绳。每年春天，他都会在钩子上挂一个野鸟喂食器，把蜂蜜放在里面。到了换季的时候，为了避免喂食器被浣熊拿走，他会把它拿下来，但把绳子和钩子留在原地，这样来年4月他挂喂[213]食器的时候，就比较省事。不过，有时他会忘记这回事。所幸那些红喉北蜂鸟（*Archilochus colubris*）都会提前一两天（大约在4月

13日左右）出现，在那空空如也的S形钩子四周盘旋，提醒他把喂食器挂上。它们显然知道什么时候要去哪里觅食。

春天，我会看到蜂鸟飞过我家的窗台，在花间穿梭，像一个个呼呼作响的陀螺。它们那薄纱般的翅膀快速震动着，显得朦朦胧胧，浑身似乎充满能量。但事实上，红喉北蜂鸟的体重只有3克左右，比以前的美分硬币还轻。

那些蜂鸟在花草之间穿梭，但却似乎不曾重复造访同一朵花。这是否意味着它们的脑海里有一幅地图，上面显示哪些花刚刚被它们采过蜜，又有哪些花还有花蜜？（在戴维的例子中，那些蜂鸟的脑袋里是否也有一幅地图，上面显示他家那一带所有吊挂式喂食器所在的地点？）

记住我家窗台上花朵的位置是一回事，但一只蜂鸟的地盘上通常有成千上万朵花，要记住那么多花的位置，又是另外一回事了。不过，蜂鸟会花脑力这么做也是有道理的，因为这样可以节省体力。毕竟蜂鸟一生所做的事情都非常消耗体力。它们在飞行时，翅膀会快速震动（每秒钟高达75次）。此外，它们会以高速追赶对手，也会以俯冲、摇摆、“之”字形穿梭等方式吸引异性。这些都会耗掉很多卡路里。为了补充热量，它们每天都必须吸取成百上千朵花的花蜜，但它们并不想浪费时间造访那些已经被吸干花蜜的花朵，因此它们自然要记住那些已经被它们吸过蜜的花朵。它们之所以能够记住，显然不是凭借花朵的颜色、形状或其他的视觉线索，而是像会贮藏食物的西丛鸦和北美星鸦那样凭借空间中的线索。

圣安德鲁斯大学的休·希利一直致力于探讨野生蜂鸟的认知能力。她所研究的对象是棕煌蜂鸟（*Selasphorus rufus*）。这种蜂鸟身形迷你，体色呈亮橘色，会凶猛地捍卫地盘上的花朵。希利最近所做的实验显示，即使是在一片单调、没有特色的原野上，这种蜂鸟只要造访214一朵花或一个喂食器一次，而一次只停留几秒钟，就能够记住它所在的位置。而且，即便那朵花已经不在了，它们还是能够相当准确地回到原先所在的地点。此外，它们还能记住每一朵花的花蜜质量、含量和重新分泌花蜜的速度。而且它们会等待一段时间，等那些花再次产出花蜜后再回去造访。

我们目前仍不清楚蜂鸟是利用什么样的空间线索找到那些花朵的。希利的研究显示，它们就像那些习惯贮藏食物的鸟类一样，会参考当地的地标，但这可不是一件容易的事。根据希利的观察，那附近的地标“几乎都一模一样（至少在我们眼里是如此），因为那里的土地颇为平整，并且被草木所覆盖”。不过，无论在田野的哪一处，它

们都可以看到较远处的地标［包括四周的树木和山谷两侧高达3000英尺（约914米）的山脉］，只是这些地标都很大。科学家们仍不清楚这些鸟如何能够用这些大型地标精准地找到某一朵花或某一个喂食器所在的位置。

科学家们一直认为信鸽脑子里也有类似的地图，上面包含了它们所记住的各个地点，只是规模更大、范围更广。然而，过去并没有人真正在实验室外测试这样的概念是否正确，直到几年前妮科尔·布莱泽（当时她还是苏黎世大学的博士生）才设计出一个很有意思的实验。

布莱泽想证明鸽子之所以能够认路，并不是因为它们对环境中的线索产生简单的机械式反应，而是因为它们脑子里有一张货真价实的导航地图，让它们得以选择不同的目的地，并判定哪一条路线能够最快到达这些目的地。

如果鸽子是某种“机械性的飞行物”，则它们认路的方式应该相对简单，只有两个步骤：把来自环境的某种信息（例如某个陌生地点的磁信号）和一个熟悉的地方（如它的鸽舍）的同样信息做个比较，然后便朝着会逐步缩减两种信息之间的差异的方向移动。布莱泽称这样的做法为“以鸽舍为中心”的策略。这意味着鸽子只记得一个地点（鸽舍），然后根据一些环境线索上的变化朝着鸽舍所在的方向飞去，直到返家为止。[215]该如何证明鸽子的脑海里有一张如假包换的地图，能够记住多个地点呢？布莱泽决定让一群（131只）鸽子自行选择要飞到哪里。也就是说，她让它们根据自己饥饿的程度选择要飞回鸽舍还是飞到有食物的地方。第一步是训练这批鸽子记住一个饲料站所在的地点。她的方法是每天定时用汽车把它们送到这个饲料站进食（研究鸽子真是一项劳动密集型工作），再把它们从鸽舍里放出来，而且设法将鸽舍与饲料站之间的距离越拉越远，然后再反过来同样做一遍，直到那些鸽子们都能够很有效率地从鸽舍飞到饲料站，并从饲料站飞到鸽舍为止。

训练完毕后，她便将这些鸽子带到一个完全陌生的地方，这个地方与鸽舍、饲料站之间的距离相等，都不到20英里（约32千米）。然后她把一半的鸽子喂饱，让另外一半挨饿，之后再将它们统统放走。结果那些吃饱的鸽子都飞回了鸽舍，而那些挨饿的鸽子却都飞到了饲料站，途中只在遇到地形障碍（两座湖和一座山脉）时绕了路，之后便修正了路线，而且其中没有任何一只鸽子经过鸽舍。布莱泽指出，如果鸽子在认路时是机械性地采取“以鸽舍为中心”的策略，那么它们应当会先往鸽舍的方向飞，直到抵达熟悉的地方后，再转往饲料站的方向。

布莱泽指出，从“鸽子直接飞到一个可以让它们吃饱的地方”这个事实，我们可以看出两点：第一，鸽子能够根据自己的需要，选择要飞到哪里，这本身就是一种认知能力；第二，它们的脑子里真的有一幅认知地图，能够知道一个陌生的地点和至少两个已知的地点在空间上的相对关系。

鸽子的脑袋这么小，这样一幅地图会位于其中哪一个部位呢？

它就在鸽子的海马体里（人类的也是）。海马体就是帮助我们在空间中辨识方向的神经网络。我们之所以能得知这一点，有一部分要归功于一位托尔曼粉丝——解剖学家约翰·奥基夫所做的努力。奥基
216夫于2014年获得诺贝尔奖，原因是他在20世纪70年代做老鼠走迷宫的实验时有了一个令人瞩目的发现。当时他和心理学家林恩·纳德尔一起研究老鼠走迷宫时大脑的活动现象，结果发现，老鼠的海马体中的若干特定细胞，只有在老鼠走到某个特定地方时才会放电。当老鼠迂回曲折地走过迷宫时，这些“位置细胞”放电的图案和老鼠在迷宫中所走的路径一模一样。

人脑中的海马体是一个形状有如海马的组织，位于大脑颞叶内侧的深处。鸟类的海马体则位于大脑顶端，形状像是一颗扣子或一朵小小的伞菌。但这个小小的组织却是鸟类和人类心中的地图所在的地方。事实上，我们对某一个事件的记忆，似乎都和那个事件发生的地点有密切的关联。最新的研究显示，当我们回想某个事件时，我们的海马体内储存那个事件地点的“位置细胞”就会再度放电，帮助我们想起那个事件所发生的时空。这便是当我们忘记什么东西时，只要循着原路折返，就容易想起来的原因。你对某个想法的回忆，也和你最初产生这个想法的地方连接在一起。

鸟类的海马体攸关它们处理空间信息的能力。海马体较大的鸟类，辨识空间的能力通常也较强。习惯把食物贮藏起来的那几科鸟类的海马体，是脑子大小和体重与它们相当的鸟类的2倍以上，例如山雀的海马体相对而言就有麻雀的2倍大。

在这方面，蜂鸟是个中翘楚。相对于它们的整个脑子的大小来说，它们的海马体比其他任何鸟类都大，是鸣禽、海鸟和啄木鸟（无论它们有没有贮藏食物的习惯）的2倍到5倍。有一种大蜂鸟，叫作长尾隐蜂鸟（*Phaethornis superciliosus*），它的脑子只有橙尾鸲莺（*Setophaga ruticilla*）那么大，但它的海马体体积却几乎是后者的10倍。因此长尾隐蜂鸟才能够记住它们在委内瑞拉和巴西所吃的姜花及百香果花的生长地点、分布区域与花蜜含量。有巢寄生行为的鸟（例如响蜜□和牛鹂）的海马体也比没有巢寄生行为的同科鸟类大。

217“这是有道理的。”勒菲弗表示，“响蜜□必须找到合适的鸟巢，并且在恰当的时间把它的蛋放进去。如果它放得太晚，原本在巢里的雏鸟第二天就孵出来了，它的宝宝日后就会因为太小而被干掉。如果它放得太早，被寄生的鸟可能还没准备好要产卵或孵蛋。因此它必须留意每个鸟巢的位置和它们所处的状态。”

牛鹂雌鸟的海马体比雄鸟更大，而且正如加拿大西安大略大学的梅拉妮·吉格诺和她的研究团队近年所发现的，雌鸟也有更强的空间能力。大多数的动物都是雄性的空间能力比较强，但在鸟类中，巢寄生的鸟类却翻转了这个刻板印象。只有雌性牛鹂会寻找、监视并再次探访它们所寄生的巢。它们会在树冠层中搜寻，看看有哪些鸟在筑巢，寻找巢寄生的对象，然后在太阳升起之前，摸黑前往它们所选定的鸟巢，在那里产卵。吉格诺在实验室所做的一项研究中发现，牛鹂雌鸟在空间记忆方面的表现远胜雄鸟。这显示高超的空间能力不一定是雄鸟的特色，而是牛鹂为了适应巢寄生的繁殖方式演化出来的。

信鸽的海马体也比其他以外形取胜的鸽子（如扇尾鸽、球胸鸽、仙燕鸽）更大。但它们的空间能力并不是天生就有，而是磨炼出来的。

不久前，有一群科学家做了一项巧妙的实验，其结果显示，信鸽的海马体大小取决于使用的频率。他们在德国杜塞尔多夫附近的一座鸽舍里养了20只鸽子。等到这些鸽子羽翼丰满之后，他们便让其中半数自由飞翔，认识鸽舍所在的地点及周边环境，并让它们参加好几场比赛［最远的一次共飞了175英里（约282千米）］。另外一半鸽子则被关在一座宽敞的鸽舍里，可以自由飞翔。因此它们的体能和活动量与那些没被关的鸽子差不多，但它们不需要认路。当所有的鸽子都发育成熟后，研究人员便测量它们的脑容量和海马体的大小。那些有认路经验的鸽子的海马体比没有经验的大了10%以上。研究人员表示，目前仍不清楚是什么生理机制导致它们的海马体变大。他们猜想“可218能是既有的细胞体积增大了”，或者是那里多了一些新的细胞（但可能不是神经元），“也可能是血管增生的结果”。

无论如何，鸽子海马体的大小可能反映出它的经验和它需要认路能力的频率。换句话说，使用频率可能会影响海马体的大小。英国的科学家曾针对一群很会认路的出租车司机做了一项研究（现在这项研究已经出名了），结果发现人类的情况似乎也是如此。伦敦的出租车司机在拿到营业执照之前，必须先通过一项十分严格的考试。他们必须记住大约2.5万条城市街道的分布情况以及数千个地标，而伦敦是公认的“全球最容易迷路的城市”。他们要花2年到4年的时间，才能熟悉伦敦那些错综复杂的小路。通过实验，科学家发现，开了几年车的

出租车司机的海马体后部，比那些新手或公交车司机有更多的灰质。

这不禁让人想到一个令人担忧的问题：如果人类认路的频率会影响海马体的大小，那么当我们过于依赖GPS这样的科技，不再动脑筋来认路时，会发生什么事？有了GPS后，我们不再需要认路，只需要针对特定刺激做出简单的反应（向左或向右转）就行了。有科学家担心，这种现象会使我们的海马体变小。事实上，当加拿大的麦吉尔大学的研究人员扫描那些使用GPS的年长者和未使用者的大脑时，他们发现，习惯自己认路的人，其海马体内的灰质比那些依赖GPS的人多，整体认知能力损伤的情况也比较少。因此，当我们不再有建立认知地图的习惯时，我们大脑内的灰质可能会变少（如果托尔曼说得没错，那么我们的社会理解能力也会降低）。[219]

我们已经知道鸟类心中的地图可能是在哪一个部位了，但它有多大呢？

10月初的一个早晨，我站在特拉华州亨洛彭角的海滩上时，心里便在想这个问题。那天一早，天气就很寒冷，水温不断下降。我站在海湾处，寻找鹗的踪影。但它们大多数都已经飞到南边的秘鲁或委内瑞拉，在亚马孙河温暖的沼泽里过冬。不过，对某些猛禽和它们赖以为食的鸣禽来说，现在仍是迁徙季节的高峰。那些正在迁徙途中的灰背隼（*Falco columbarius*）、红隼、游隼、纹腹鹰和库氏鹰（*Accipiter cooperii*）正飞越特拉华湾彼岸的开普梅，偶尔会停下来抓一些小型候鸟果腹。此时的开普梅有很多雀形目鸟类。隐谷和被称为“经济小饭馆”的那片农田上的灌木林内，有许多金翅雀、黄腰白喉林莺（*Setophaga coronata*）、棕榈林莺（*Setophaga palmarum*）和一些晚到的森莺、白颊林莺和红眼莺雀（*Vireo olivaceus*）。

只要一阵寒流来袭，就可能会有数万乃至数十万只候鸟同时经过这个地区。从希格比海滩的堤坝上看过去，那真是一幅奇妙的景象。这些来自新热带界的候鸟会在此地稍事休息与进食，几天之后便会再度消失在夜色中。我喜欢想象秋天的夜空中满是候鸟的黑色身影的景象。

我绕着亨洛彭角走到靠海的那一边。此时，岸边有一团浓浓的雾气缓缓上升。我好奇地看着它飘过来，有如一波灰色的巨浪。不久，我整个人便笼罩在一片带着咸味的湿气中。海滨的沙丘都消失了，能见度不到3英尺（约0.9米），使我一时分不清东西南北。那种感觉虽然有些奇异，但也仅此而已。我只要沿着海岸线行走，就可以穿过沙丘，找到回家的路。不过，如果在海上被大雾笼罩就是另外一回事了。

哈佛大学的物理学教授约翰·胡思曾经描述他个人的一次经验。在一个晴朗的日子里，他划着独木舟进入楠塔基特海峡，不久就被一220团突如其来的浓雾包围住了。幸好他是独木舟老手，在出发前已经仔细观察过各种重要的线索，尤其是风和海浪的方向。“我一直沿着海岸划。”他在文中写道，“即使雾气太浓，让人看不见地标，我还是知道该如何朝着陆地前进。”但当天在那一带划着另外两条独木舟的人就没有这么幸运了。他们显然迷失了方向，最后被大浪淹没，在海水中溺毙了。

诚如胡思所言，古代的人类能够借着解读大自然的线索辨认方向。波利尼西亚人会记住星辰升起和落下的位置，把它们当作天然的罗盘；阿拉伯的贸易商凭借着风的气味和感觉横渡印度洋；维京人会根据太阳的方位判定时间和方向；太平洋诸岛的居民在航行时会观察海浪的信息。经过学习，我们就能够借着对日月星辰、潮汐、海流、风向和天气的密切观察辨认方向。（我发现了一件有意思的事情：世界上有大约三分之一的语言在描述自身所在的空间时，使用的不是“左边”“右边”这样的说法，而是基本方位的词汇。使用这类语言的民族都比较擅长辨认方向，到了陌生的地方，也能知道自己身在何处。）但是到了现代，大多数人如果手上没有地图或GPS就一筹莫展，分不清楚东西南北。

鸟类在如同大海般广阔的空中迁徙，却很少迷路。即便在暗夜或大雾中也是如此。它们就像鸽子一样，会根据太阳、磁场和各种视觉地标所提供的线索辨认方向。

有些鸟类在夜间会依靠星辰的指引认路，但它们的方式可能不是你所想象的那样。它们虽然没有随身携带星空地图，但会记住夜空如何绕着北极星旋转。小鸟羽翼丰满后，到了它们生命中的第一个夏天，就会在夜晚的星空中搜寻那旋转的中心。在北半球，这个旋转的中心便是北极星。鸟类经过学习，就会知道这颗星代表北方。因此，当它们要前往南方时，就会朝着和北极星相反的方向飞。鸟类只要花大约2个星期的时间就可以熟悉这个星空罗盘，一旦熟悉了，就能靠着星辰辨认方向，即便在星星稀少的夜晚也是如此。

我知道，鸟类虽然能够根据天空中的线索辨识方向，但这不一定221代表它们的智商很高。毕竟，就连蜣螂（它们最为人所知的一点，就是会把动物的粪便揉成小球后吃掉）也懂得在夜晚时利用银河的光线辨识方向。不过，鸟类居然能够凭借星辰旋转的模式区分东西南北，在我看来，这仍然是一件很神奇的事。

候鸟偶尔会受到天灾（例如暴风雨）的影响，偏离它们的航线数

百英里甚至数千英里，这可以说是一项由大自然所设计的大规模位移实验。但大多数候鸟在偏离航线后都可以找到路，返回它们的目的地。这显示它们心中的那幅地图确实非常辽阔。

我原本希望在1年前造访亨洛彭角，但因为飓风“桑迪”来袭之故而未能成行。那一年，在我预定抵达亨洛彭角的前一两天，这场超级飓风正好从南方呼啸而来，而且风眼正对着亨洛彭角。我很庆幸自己没有执意前往，因为后来飓风“桑迪”直接扑向亨洛彭角，使当地的道路都被大水淹没，桥梁也遭到破坏，停车场和街巷里都堆满了沙子。

“桑迪”走后，美国大陆的东岸到处都是迷鸟（*vagrant*）。这个名词很有意思，它通常是指一个到处闲逛、无依无靠的人。这个词源自拉丁文词根“*vagari*”，意思是“游荡或流浪”。被吹离既定航线的迷鸟，当然是很少见的，因此很快就吸引了一批观鸟人前来观赏。

“桑迪”过后，在开普梅的观鸟人士宣称他们看到100多只中贼鸥（*Stercorarius pomarinus*，一种肉食性的海鸟），它们很可能是在从它们的筑巢地北极飞往南方的热带海域途中被吹到内陆。此外，在靠近内陆的宾夕法尼亚州，也有人看到几百只中贼鸥正沿着萨斯奎汉纳河往南飞。同一时间，曼哈顿也出现了乌燕鸥（*Onychoprion fuscatus*）、灰瓣蹼鹬（*Phalaropus fulicarius*）、一只叉尾鸥（*Xema sabini*）、一只猛鹱（*Calonectris borealis*）和一只鹲。新英格兰地区沿岸的空旷田野上则出现了零星的鹲。凤头麦鸡（*Vanellus vanellus*，欧洲一种鸻类）出现在新英格兰海岸附近的开阔田野里。此外，还有一只特岛圆尾鹱[222]（*Pterodroma arminjoniana*，一种海鸟，通常生活在巴西附近的大西洋海面）也降落在宾夕法尼亚州的阿尔图纳附近。此处位于阿巴拉契亚山脉西边，距海岸有200英里。不过，它并没有在那里待很久，等到风势渐渐平息之后，它就继续往南飞了。

如果你想要观赏这些意外出现的候鸟，那么你的动作必须要快。通常它们不到1天就会再度启程。很显然，它们知道应该往哪个方向飞。

把白冠带鹀从美国的太平洋西北地区送到新泽西州普林斯顿市的那个实验，是比飓风“桑迪”更极端的一个版本。那些科学家之所以刻意把鸟类送到那么远的地方，是希望能够以此了解鸟类的导航地图究竟有多大，而他们也确实达到了目的。

那些白冠带鹀（包括那些没有什么经验的）在被送到3000英里（约4828千米）之外后，能够如此迅速地调整并修正自己的航线，显示它们脑海中确实有一张辽阔的导航图，且其范围至少包括整个美国

大陆，甚至有可能涵盖整个地球。

此外，那次实验也显示，它们是根据经验建构出这样的地图。因为科学家们发现，那些完全没有经验的鸟类表现较差，它们并没有返回既定的航线，而是凭着直觉往南飞。

鸟类大脑里的地图并非生来就有，而是通过学习建立起来的。有一些鸟类是靠着跟随成鸟迁徙来获取相关知识，例如美洲鹤（*Grus americana*）。没有经验的美洲鹤在迁徙途中会一直跟着成鸟飞，因此科学家们便利用它们这个特性，训练一些被抓来的没有经验的美洲鹤，让它们跟在一架轻型飞机后面，就像童话中尾随着彩衣吹笛人的小孩。

不过，小鸟们不见得都能跟随着自己的父母亲迁徙。海鹦就是一个例子。海鹦出生在北大西洋沿岸的孤绝峭壁和小岛，羽翼丰满后就会趁着夜晚离家，前往别的地方过冬。它们出发的时间比成鸟早很[223]多。同样地，英国诺福克郡的幼年杜鹃也不能和父母一起前往刚果的雨林，因为当它们在养父母的鸟巢内成长到足以飞行的时候，它们的亲生父母早已飞往南方。

尽管如此，这些小鸟还是能够找到路，飞抵几百乃至几千英里外某个陌生的地方过冬。它们靠的是某种遗传下来的神奇智慧：它们体内有一个与生俱来的“时钟与罗盘”程序，它会告诉它们应该往哪个方向飞，要飞几天。这里的时钟指的是一个内建的计时器，由基因操控。它决定着这些候鸟要飞几天。我们之所以知道这一点，是因为候鸟被关起来的时候，会表现出一定程度的迁移性焦躁，其强烈程度和它迁徙的距离有密切的关联。至于罗盘方面，至少有几种鸟类的幼鸟体内都有一种来自遗传的单向罗盘，而且每一种鸟的罗盘都不大一样。这种罗盘能让它们飞到正确的航线上。之后在迁徙途中，为了避免偏离航线，幼鸟会依赖成鸟所用的罗盘，包括太阳、星星、地磁场和黄昏时的偏振光。（动物会利用黄昏时的许多信息来认路，它们也只有在这样的时刻才能把偏振光模式、星星和磁场等线索结合起来加以运用。）

我们很难想象这个内建程序是如何运作的，尤其是在鸟类必须精准地遵循复杂的路线飞行的时候。不过，每一种鸟的基因里都有一些特定的信息，会告诉它们应该往哪个方向飞，要飞多远，而且这些信息会代代相传。

在回程和后续的迁徙过程中，候鸟就不需要来自遗传的信息了。它们会在飞行途中建立一幅认知地图，以此辨认方向，从而飞回它们

繁殖或过冬的地方。当它们因为受到强风、暴雨和其他天灾的影响而偏离航线时，它们也会根据认知地图修正航线。这幅地图的范围似乎极其辽阔，某些鸟的认知地图甚至涵盖了几块大陆及海洋，例如白冠带鹀和大西洋鹱（*Puffinus puffin*）。科学家们在一次位移实验中，把一群在威尔士某座小岛上筑巢的大西洋鹱送到了3200英里（约5150千米）外的波士顿地区，结果它们只花了12.5天的时间就回到了家。
224

这样一幅地图是由什么东西组成的呢？它可能类似人类的直角坐标系，或称“笛卡尔坐标系”，其中含有来自环境的不同线索。这些线索会随着坐标的梯度呈现规则性的变化，提供有关纬度和经度的信息。北爱尔兰贝尔法斯特女王大学的理查德·霍兰表示，要运用这些逐渐变化的数值，鸟类“必须了解这些数值（包括时间）在它们的活动范围内呈现的规则性变化，并将这些规则延伸到它们已知的范围之外”。

然而，这幅地图的坐标究竟包含了哪些感官线索？它真的有坐标吗？过去40年来，科学家们虽然针对这些问题做过各式各样的研究，但因为问题颇为复杂，至今仍未得出明确答案。

构成这幅地图的线索，可能有一部分来自地磁场。霍兰和他的一位同事不久前发现了一个很奇特的现象。他们趁着欧亚鸲迁徙过境时抓了几只，让它们暴露在强大的磁脉冲中，暂时干扰它们感应磁场的能力，然后再把它们放走。结果他们发现，年轻的欧亚鸲（它们之前从未有过认路的经验）似乎没有受到那些磁脉冲的干扰，依然在它们的内建程序的引导下，飞在预定的航线上。那些成鸟则飞错了方向。

研究人员猜想：这应该是因为成鸟在它们先前的迁徙途中，已经在脑海中建立了磁场地图，用来在之后的航程中辨识方向，但那些磁脉冲可能“重设”了那些地图，使得成鸟搞不清楚方向。

不久前的另外一项实验也得到类似的结果。这项实验是由尼基塔·切尔涅佐夫和亨里克·莫里特森所带领的团队进行，但这一回他们实验的对象是芦莺（*Acrocephalus scirpaceus*）。他们抓了一些正从俄罗斯的加里宁格勒（位于波罗的海旁）飞往北欧南部的芦莺，并将其中一半芦莺的从喙通往脑部的那条神经切掉（就是所谓的三叉神经，一般认为这条神经负责将有关磁场的信号传输给大脑），然后再把它们送到东边一个距离它们正常的迁徙路线有600多英里（966千米以225上）的地方。结果那些三叉神经完好的芦莺很快就改往西北方向飞，朝着它们的繁殖地前进。但那些三叉神经被切断的芦莺则往东北方向飞，仿佛以为它们自己仍在正常的迁徙路线上。值得注意的一个现象

是，它们虽然仍旧知道北方在哪里，却丧失了根据自己所在的位置修正方向的能力。换句话说，它们似乎已经感觉不到那幅地图的存在。

我们人类是高度依赖视觉的生物，尤其是在空间的辨识方面。因此，我们很难想象一幅由我们看不见的信号所构成的地图。

除了地磁场之外，根据美国地质调查局的地球物理学家乔恩·哈格斯特鲁姆的说法，鸟类可能还依靠另外一种线索。哈格斯特鲁姆研究鸟类如何辨识方向已有10年的时间。他表示，鸟类或许能听见大自然中的次声波信号（大气中人类听不见的低频噪声）。这些信号有可能是它们的地图的一部分，能够帮助它们辨认方向。

事实上，这些次声波信号或许也能让鸟类侦测到即将来袭的风暴。不久前，有一群研究人员意外发现了一个惊人的现象：有些鸟类显然能够预知风暴即将来袭。那是在2014年4月发生的事，当时加州大学伯克利分校的研究人员正在进行一项试验，看看他们是否能在一群体形很小的金翅虫森莺（*Vermivora chrysoptera*）的背上安装定位器。这群金翅虫森莺在田纳西州东部的坎伯兰山区繁殖，但在哥伦比亚过冬。研究人员做测试的一两天前，它们才从3000英里之外的哥伦比亚回到坎伯兰山区。然而，研究人员刚把定位器装好，它们就成群飞走了。后来他们才发现，当时有一场强烈的春季风暴正要来袭。这场风暴后来引发了84个龙卷风，并造成35人死亡。但这些金翅虫森莺在风暴来临前的24小时就飞走了。它们各自飞往不同的方向，其中一些甚至往南飞到了古巴。但暴风雨过后，它们又直接飞回了筑巢地，有些甚至来回飞了将近1000英里（约1609千米）。进行这项研究的科学家们认为，这些鸟可能在这场超级风暴还在250到500英里（约402至805千米）之外时，就已经听到了它所发出的低沉的隆隆声，并接收到其中所含的低频次声波信号。这些信号能够传到几百到几千英里之外的地方，但人类是听不到的。[226]

自然界的许多事物都会发出次声波信号，但最主要的是海洋。深海中波浪相互作用以及表层海水的移动，都会在大气中产生某种背景噪声。我们可以用低频传声器在地表的任何一个地方侦测到这种噪声。此外，当海床所承受的压力发生变化时，土壤内也会形成地震波。这些地震波有可能在地表和空气相互作用（乔恩·哈格斯特鲁姆说“就像一片巨大的扬声器振膜一样”），产生的次声波由山坡、悬崖和各种陡峭的地面往外辐射，而且可以传到很远的地方。因此，地球上的每一个地方都有由当地的地形所形成的独特次声波信号。哈格斯特鲁姆认为，鸟类有可能使用这些次声波信号来辨认方向，以便回到它们的家。

“我们用眼睛看风景，但我想鸟类用的是听觉。”哈格斯特鲁姆表示，“在距离目的地较远时，它们可能是聆听较大的地形特征所发出的声音。离目的地较近时，它们就会聆听较小的地形特征所发出的声音。”换句话说，鸽子或许知道它的鸽舍周围“听起来”是什么样子。“眼睛被磨砂镜片遮住的鸽子能够回到距离鸽舍一两千米之内的地方，但它们要看到鸽舍才能飞回去。”哈格斯特鲁姆指出，“我想，这可能是因为范围内所产生的次声波信号太弱，鸽子听不见。”

但很多人对哈格斯特鲁姆的说法持怀疑的态度，亨里克·莫里特森就表示：“这种奇闻逸事般的说法确实很吸引人，但如果有人主张鸟类是靠着次声波信号辨识方向，那么他们必须先回答一个关键性的问题：鸟类真的能够感受到次声波信号吗？目前这方面的证据还不充分。第二个问题是，鸟类能够区分那些信号是从哪个方向传来的吗？一般来说，它们的两个耳朵之间的距离必须够大（就像大象和鲸鱼那样）才能做到这点。”他认为，田纳西州的金翅虫森莺之所以能够侦测到远处的风暴，更有可能是气压的改变所致，和次声波信号没有关系，因为我们都知道鸟类可以感受到气压的变化。

无论如何，如果哈格斯特鲁姆的信号理论是正确的，那么这将可
227以解释近20年前白尾和其他6万只鸽子在英国与法国失踪的现象。到底为什么会有这么多鸽子在那次比赛中无故失踪呢？哈格斯特鲁姆对此很感兴趣，于是他便搜寻史料，查询那次比赛期间，是否曾经发生任何不寻常的声音事件。结果他发现当天确实发生了一件大事：当那些赛鸽正要飞越英吉利海峡时，它们的飞行路线正好和一架刚刚飞离巴黎的协和式客机交会。哈格斯特鲁姆表示，当那架飞机开始以超音速飞行时，它等于是在空中铺设了一层“轰隆隆的声波地毯”。由于那声音太大，鸽子们听不见任何可以辨识方向的线索，便彻底地迷失了方向。

哈格斯特鲁姆的理论或许也有助于说明，有些地方为何会成为信鸽的百慕大三角，让它们到了那里之后，不是失踪就是迷路。他表示，这是因为那些地形的几何线条可能会制造出所谓的“声影”，干扰鸽子的听觉，使它们无法听到可供辨识方向的次声波信号。

然而这个理论究竟是否正确，目前仍有很大的争议。理查德·霍兰表示：“二者之间的相关性令人瞩目，但也只是相关而已。”就鸽赛的例子而言，次声波的干扰（声波突然变强）和方向的迷失（那些鸽子的失踪）确实有关。但霍兰表示：“这样的证据太过薄弱。到目前为止，并没有任何实验可以证明次声波对鸟类辨识方向的能力有任何影响。”

鸟类的地图中，可能也包括嗅觉方面的信息。这又是一个令人很难想象且具有争议性的概念。不过目前已经有实质性的实验证据支持这样的理论。气味线索或许能够影响鸟类的导航能力，这样的想法源自40多年前，意大利动物学家弗洛里亚诺·帕皮在托斯卡纳大区用一群鸽子做的一项实验。他和研究团队把其中一些鸽子的嗅觉神经切断，然后再将它们带到一个陌生的地方，把它们放走，结果它们从此再也没有回到家，但那些嗅觉神经完好的鸽子则很快就飞回了鸽舍。大约在同一时期，德国的鸟类学家汉斯·瓦尔拉夫也发现，如果让鸽子住在围有玻璃挡风板的鸽舍里，它们就无法认路回家。因此他们便提[228]出了嗅觉导航假说，主张鸽子经过学习后，能把风中的鸽舍气味和方向联系在一起，并利用这些信息判定回家的路。

“鸟类可能利用嗅觉地图来认路”的理论，或许能够解释演化上的一个矛盾现象，这个现象和动物脑部各部位的配置有关，10多年来一直让科学家们百思不得其解。你如果检视不同纲、目、科、种的脊椎动物的脑袋，就会发现它们呈现一个清楚的模式：几乎所有的脊椎动物，其大脑的每个部位（从小脑、延髓到前脑等都包括在内）的体积会随着整个脑子的大小等比例地放大。也就是说，你从某种动物的脑子的大小，就能预测出它的脑内各部位的体积。通常演化越晚的部位体积越大。

大自然有时就会形成如此有趣的法则。

不过，加州大学伯克利分校的心理学家露西娅·雅各布指出：“‘演化越晚的部位体积越大’这个原则，有一个例外。”那便是嗅球，它几乎在每个方面都特立独行。

嗅球是大脑里很早就演化出来的部位，它专门负责掌管嗅觉，所有脊椎动物的脑内都有嗅球。相较于脑内的其他部位，有些动物的嗅球显得比较小，有些则显得较大（后面这种现象尤其怪异，因为嗅球很早就演化出来了）。而且，即便是同一纲、同一目或同一科的动物，它们的嗅球在大小上也有差异。鸟类正是如此。海燕和其他海鸟（例如鹱和信天翁）的嗅球大约是鸣禽的3倍。短嘴鸦的嗅球长度只及它的脑半球的5%，但雪鹱（*Pagodroma nivea*）却超过35%。

为什么有些鸟类的嗅球这么大？这一直是个难解之谜。在脑子里面，较大的部位通常都是较重要的。这便是所谓的“固有质量”原则——当大脑用越多的空间来执行某项功能时，就表示这项功能对该动物的生活越重要。然而，在过去很长一段时间里，科学家们都认为，鸟类既然没有表现出明显的嗅闻行为（例如嗅别人的屁股或凭着嗅觉[229]找出松露），那么它们的嗅觉应该不太灵光。在科学家眼中，鸟

类似乎比较像人类，是一种依赖眼睛的生物，有着高度演化、十分复杂的视觉系统。一位鸟类学家在1892年写道：“某套器官异常发达，其他器官势必会被削弱，因此鸟类的嗅觉器官就这样被牺牲掉了。”

然而，这样的观念如今已经有了大幅修正。早在20世纪60年代，有一些实验显示，鸽子置身于有香味的空气中时，心跳会加速。显然它们闻到了什么，所以它们的心脏才会有这样的反应。后来，科学家们在鸟类的嗅球中植入电极，他们惊讶地发现，那些嗅球细胞的放电模式和哺乳动物的嗅球及神经在受到气味的刺激时所表现出来的模式一模一样。

此后，科学家们又用其他几种鸟（包括鸮面鹦鹉、椋鸟、鸭子和锯鹱属鸟类）做实验，结果发现这些鸟几乎都有某种嗅觉能力。此外，几维鸟（产于新西兰的一种不会飞的夜行性鸟类）会用它们的长喙上的鼻孔追踪若干无脊椎动物的气味。秃鹫在几英里外就能闻到腐烂的动物尸体的臭味，并且逆着风飞去觅食。蓝鹱（*Halobaena caerulea*，一种海鸟，会在宽阔的海面上四处搜寻磷虾、乌贼和鱼）在羽翼尚未丰满时，就能侦测到猎物所散发的浓度极低的气味。它们在黑暗的洞穴里筑巢，在没有月亮的夜晚，它们似乎是凭着嗅觉穿越稠密的群落，回到它们各自的洞穴。

以上这些鸟类的嗅球都比较大，但即便是嗅球很小的鸟类（例如鸣禽），似乎也能够接收到空气、土壤和植物中的气味，并根据这些气味侦测到掠食者，或者找到有助于它们抵御有害细菌的植物。在青山雀哺育幼鸟期间，如果在巢箱上喷洒黄鼠狼的气味，亲鸟就不肯进入巢箱。不仅如此，它们还会凭着嗅觉找到新鲜的欧蓍草、圆叶薄荷和薰衣草，并将这些植物的碎片衔到巢里，以保护幼鸟免于病菌和寄生虫的危害。一种名叫凤头海雀（*Aethia cristatella*）的小型海鸟虽然嗅球不大，但它们每年夏天都会举行一种社交仪式，把鼻子埋在同伴的[230]颈背处，嗅闻同伴的气味。据说那种味道闻起来像是刚剥的橘子，只有繁殖季节才有，但因为气味浓烈，连人类也能闻得到，甚至可以顺风传到0.5英里之外。斑胸草雀的嗅球虽小，但它们也能像哺乳动物一样，凭着嗅觉辨识自己的亲戚，以避免和近亲交配并与后者合作。

然而，鸟类的嗅球为什么会有这么大的差异？这是不是反映了不同的觅食或社交方式对嗅觉灵敏度的要求？

对于这个问题，露西娅·雅各布有另外一个答案。身为认知与大脑演化领域的专家，她认为所有脊椎动物（包括鸟类在内）之所以演化出嗅球，最初的目的并不是捕猎或躲避掠食者，也不是沟通或寻找配

偶，而是“解码并标示气味分布的情况，在空间中辨识方向”。气味的信息瞬息万变，各种线索经常在移动。“所以动物必须要有适合学习复杂模式的神经构造。”雅各布斯解释。事实上，她认为这还可能是动物之所以演化出联想学习能力的主要驱动力，所谓联想学习，指的是学习并记住不相干的事物之间的关系，例如某一种矿物或树木的气味与回家方向之间的关系。现代鸟类的嗅球大小和它们凭借嗅觉线索辨识方向的能力有比较密切的关联，和它们分辨气味来觅食或躲避掠食者的能力关联不紧密。举例来说，信鸽和普通家鸽的生活方式虽然相同，但前者的嗅球就比后者大得多。

某些拥有较大嗅球的鸟类，似乎确实拥有某种详细的嗅觉地图。意大利比萨大学的安娜·加利亚尔多已经发现猛鹱（生长在大西洋的一种远洋鸟类）似乎能够凭着气味地图在海上辨识方向。[231]它们平常在广阔的海洋上翱翔，但每年都会飞到同一座小岛去繁殖并育雏。为了了解它们是如何做到的，加利亚尔多和她的研究团队在筑巢季里将亚速尔群岛上的24只猛鹱从巢里抓了出来，送上开往里斯本的货船。他们在其中几只猛鹱身上安装了小型磁条，扰乱它们对磁力的感应，并用硫酸锌清洗另外几只猛鹱的鼻孔，使它们暂时失去嗅觉，等到那货船离开小岛几百英里之后，再将它们放走。后来那些身上装有磁条的猛鹱都回到了小岛，但那些暂时失去嗅觉的猛鹱，却完全搞不清楚方向，在海上来来回回地飞了几个星期，其中有几只甚至再也没有回到小岛。

根据帕皮、瓦尔拉夫和其他科学家的研究，鸟类在用嗅觉辨识方向时所采用的地图，可能分成两个部分。第一个部分是一幅低分辨率的地图，由在各种梯度混合的一缕缕不同的气味分子所组成，呈格子状，将整个空间依照气味的不同，分成不同的亚区，雅各布斯称之为“邻域”。这一缕缕的气味可能是由各种挥发性有机化合物（也就是大气中可能散发出气味的化学物质）组合而成，只是每个地方的组成比例不同。瓦尔拉夫曾以德国南部一座鸽舍为中心，采集方圆125英里（约201千米）内的96个地点的空气样本，结果他发现，那些化学分子的混合比例，会相当有规律地随着空间中梯度的变化而递增或递减。对鸽子而言，这种变化可能就等于气味的变化。换句话说，不同的区域有不同的气味。你不妨想象一只鸽子待在鸽舍里的情景：鸽舍的一边有柠檬树的气味，另外一边则有橄榄树的香味，如果这只鸽子朝着柠檬树飞，柠檬树的气味就会越来越浓，橄榄树的气味则会越来越弱。如果你把一只鸽子放在两棵树之间的某个“邻域”（这里的气味比例可能是20%的柠檬加80%的橄榄），它就可以从这个比例得知它的家在哪个方向。[232]

地图的第二个部分是一套“气味地标”，其中包含了各个地点所独有的气味。你不妨把它们想成由气味所构成的自由女神像或伦敦塔。

“气味地图”的概念是否属实，目前仍有很大的争议，况且其中还有一些疑问尚待解答。首先，气味是由空气传播的，会随风移动，因此它们不太可能凝固不动，形成任何一种固定不变的双坐标地图。针对这一点，雅各布斯表示：“很明显，湍流会是个很大的问题。”但她指出，鸟类和其他一些动物都很擅长解读湍流。而且事实证明，至少有几种气味在大气中分布的情况相当稳定，因此它们会在空间的各个梯度中呈现规律的变化。这或许可供那些只需要飞行几百英里的鸟类认路之用，超过这个距离可能就不适用了。

另外一种说法是，气味可能不是鸟类认路的工具，而是它们认路的动机所在。有一项研究发现，气味似乎促使年轻的鸽子开始认路。霍兰表示，如果这项研究结论正确，那么鸽子可能是因为闻到“不属于家”的味道，才会开始根据其他线索来辨识方向。

不过，不久前霍兰和他的研究小组所做的一项实验显示，成年的灰嘲鸫如果失去了嗅觉，当它们从伊利诺伊州被送到新泽西州的普林斯顿后，就无法像那些嗅觉正常的灰嘲鸫一样修正自己迁徙的路线。此外，曾有科学家检视候鸟在出现迁移性焦躁时大脑内的活动状况，他们发现其中主管视觉和嗅觉的区域都显得很活跃。这显示嗅觉确实在鸟类的迁徙行为中扮演了某种角色，只是我们目前还不清楚那是什么样的角色。

鸟类心中的地图至少有一部分是由各种气味的混合体以及一些气味路标所组成，这是一个很吸引人的概念。雅各布斯认为鸟类可能先用“邻域”系统大致分辨所在的地点，并分析自己应该往哪个方向飞。至于“气味地标”系统，它们必须花一段时间才能学会。但一旦学成，这个系统就会构成一幅分辨率较高的地图。如此说来，嗅觉或许可以提供两种认路线索。按照雅各布斯的说法，鸟类大脑在经过一段时间的演化之后，其海马体便逐渐特化，以便处理并整合这两种嗅233觉信息。到最后，它便“学会”整合其他几种感觉线索，例如磁信号和声音等。这或许可以解释，嗅球为何不像其他大脑部位那样，会随着大脑的尺寸变大或变小。有几种鸟类在演化过程中逐渐偏向使用其他感觉信息来辨认方向，因此它们的嗅球就变小了。

我们至今仍不清楚，鸟类脑海中的地图究竟是何种面貌。但不知为何，这对我来说反而是一件令人兴奋的事情。目前并没有任何明确的证据显示，鸟类只凭单一的感官线索辨识方向。一只特定的鸟在其特定的旅程中会运用哪种线索，可能取决于旅途长短、它手边拥有的

资讯或周遭环境的状况（就像行驶在雾中的一条独木舟一样，当它无法得到主要的线索时，可能就会使用次要线索），但也可能纯粹取决于它自己的喜好。

例如，一只鸽子是根据哪些线索飞回鸽舍，可能要视它的生命经验和它的选择而定。布莱泽在研究信鸽时发现，它们从来不会笔直地飞抵目标。相反，它们每一次采取的路线都不太一样。她说："这是它们在自己所选择的罗盘、地形因素和它们的飞行策略之间折中的产物。"其中有一大部分要看那只鸽子是如何长大、在哪里长大的。查尔斯·沃尔科特指出，如果一只鸽子在一座周遭都没有气味的鸽舍中长大，它就会选择使用其他线索辨识方向。那么，即使它失去嗅觉，它的方向感也不会受到影响。与此相似的是，两只由同样的父母所生，但在不同的鸽舍里长大的鸽子，在遇到磁场异常的状况时，反应也不一样：有一只仍然设法回到了自己的家；另一只则表现得很困惑，失去了方向感。

此外，不同的鸟也各有所好，它们在采用认路线索时，似乎有属于自己的风格。沃尔科特就曾经提到一只与众不同的鸽子，它生长在马萨诸塞州一座醒目的山丘附近。不同于鸽舍里的其他鸽子，当它在某个陌生的地点被放走后，它总是会先飞到那座山丘上，然后才飞回鸽舍。此外，还有一只鸽子在长途飞行时很善于辨识方向，但一旦飞到[234]距离鸽舍不到6英里（约9.7千米）的地方，它就好像放弃了一样，降落在某座庭院里。因此，鸽子在认路时，有可能是依照自己的习性行事，同时机动调整。事实上，鸟类和人类在各个方面都是如此。

鸽子就像是一位有着两部手机和一台笔记本电脑的公司主管，只不过它的手机和计算机都连接到气象台，它可能会参考手上的所有信息，也可能会同时运用多种线索及我们无法想象的心智地图来辨识方向。这幅地图可能不只有两个坐标，而是整合了太阳、星星、地磁信号、声波和气味等多种坐标，只不过我们目前仍不清楚它是如何整合的。

这个概念似乎和一个有关鸟脑和人脑整体架构的新理论颇为吻合。在神经科学术语里，大脑被称为"大规模并行的集散型控制系统"，意思大致上就是，大脑里有许许多多的微型"处理器"（神经元），它们虽然分散在各处，却并联运作，因此大脑所面临的问题就是如何把那些分散在各处的资源（一个动物的知识总和）聚集起来，以应对某个挑战（例如认路）或应付一种突如其来的情况（例如一场暴风雨）。

这叫作认知整合。无论是蜜蜂的脑子（只有100万个神经元）还是人类的大脑（有1000亿个神经元），都有这样的功能。

“人类很善于认知整合。”伦敦帝国理工学院的计算神经科学家默里·沙纳汉表示。不过他也承认人们经常会发生失误：“例如我把水槽下的U形弯管拿下来，接着却不小心把里面的脏东西又倒回排水孔，结果水槽就淹水了。”［我家也曾出现类似的情景：再过几分钟，我家一年一度的盛大圣诞节派对就要开始了，我却看到母亲惊慌地站在水槽边，因为她刚把一大锅（50人份）加了香料的热甜酒直接倒进一个放在水槽内的滤网里，结果那些酒都流走了，只剩下一堆湿湿的丁香、胡椒粒和月桂叶给客人吃。］

沙纳汉指出，动物能够辨识方向是认知整合的成果。要做到这一[235]点，它们的脑子里必须有某种模式的连接。有关地标、距离、空间的关系、记忆、景象、声音和气味的信息，必须全部进入某个核心，然后再传输到大脑的各个重要部位。他解释：“因此鸟类对眼前情况所做出的反应是经过整合的结果。”

为了了解鸟脑内这样的连接是如何发生的，沙纳汉请了一群神经解剖学家分析有关鸽脑内部构造的研究文献。（他说，鸽子是很好的研究对象，因为它们能够执行需要高度认知能力的任务。）这个小组整理了40多年来研究鸽脑的各个部位如何连接的文献，画出了史上第一张大规模的鸽脑连接路线图，显示鸽脑内的各个部位如何互相连接以处理它们所接收到的信息。

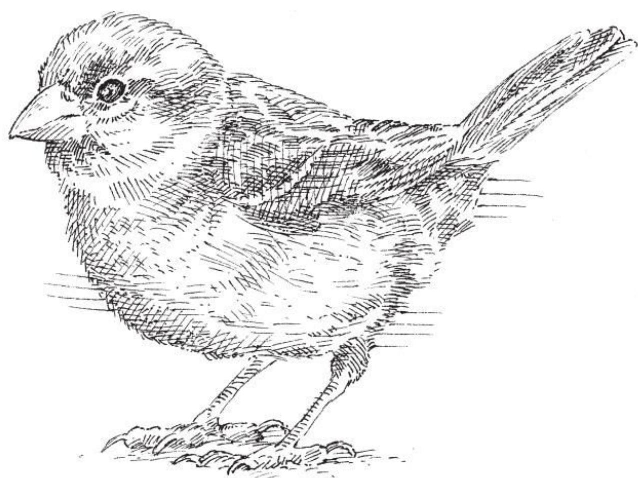
出乎意料的是，这张图表看起来很像哺乳动物（包括人类在内）的大脑部位连接图。尽管鸟脑的构造和人脑大不相同，但二者的连接方式似乎颇为相似。沙纳汉认为，这样的相似性显示高阶认知能力有一个共通的模式。简而言之，人脑有点像是脸书，是所谓的小世界网络，大脑内的不同组件（大脑的各个部位）靠着为数不多的枢纽节点（神经元）连接。这些枢纽节点又分别和其他许多神经元连接（连接的距离有时可能很长），以便让网络内的任意两个节点之间都能有近距离的连接（就像某人在脸书上有数千个好友那样）。那些连接脑内与认知相关的各个部位（例如负责长期记忆、辨识方向和解决问题的那几个部位）的枢纽节点，共同形成了大脑的“连接核心”。

沙纳汉发现鸽子的海马体（这个部位关乎它们辨认方向的能力）内的枢纽节点和脑内其他部位有非常稠密的连接。

[236]因此，如果一只麦鸡或苇莺被风暴吹到了很远的地方，那么它的感官从各个来源（包括陆地和大海的气味、磁场的变化、阳光偏

移的角度和夜空中星辰排列的模式）所收集到的信息，全部都会进入它脑内的“连接核心”，在那里经过整合，然后再传送到能帮助它认路回家的大脑部位。

如此说来，鸟脑内的一个小世界网络或许能够建构出一幅大世界的地图，让蜂鸟得以在每年春天来到怀特挂喂食器的庭院，让北极燕鸥得以像导弹一般精准无误地从一个极地飞到另外一个极地，也让赛鸽白尾在失踪5年之后，仍然能够在一个凉爽的4月早晨回到它的[237]家园。



SPRINKLER
FIRE ALARM
WHEN BELL RINGS
911

第八章 如麻雀般活跃
——鸟类的环境适应能力

“那些得以存活的物种并非是最强壮的，也不是最聪明的，而是适应力最强的。”这句话往往被误认为是出自达尔文之口。（加州科学博物馆将这段文字刻在该馆的石材地板上时，也注明是达尔文说的，现在他们颇为尴尬。）但事实上它是出自路易斯安那州立大学已故的市场营销学教授利昂·麦金森的笔下。

5月的一个清晨，我想到了麦金森教授所说的这句话，那天我们一群人聚集在弗吉尼亚州阿尔伯马尔的十字路口购物中心，进行春季野鸟调查活动。我们所看到的第一批鸟包括一只普通拟八哥（*Quiscalus quiscula*）、一只家朱雀（*Haemorhous mexicanus*）和一家子在一块写着“妈咪自助洗衣店”的招牌上筑巢的家麻雀（*Passer domesticus*）。

“我们称这些鸟为‘停车场小鸟’。”我的鸟友戴维·怀特说。

你在哪里可以看到麻雀[19]筑巢呢？在建筑物的椽和排水管连接房屋的地方、在平房屋顶下方的通风管道口、在街灯内部、在门廊的花盆里。总而言之，几乎都是在人造建筑物附近。有一家子麻雀甚至一连好几代在地下数百英尺处的煤矿坑里筑巢，以矿工带进坑内的食物为生。有一次，我还在一辆废弃的丰田汽车的排气管内看到一个麻239雀窝。

“这些鸟在人类文明出现以前都在干吗呢？”戴维问道。

家麻雀的拉丁名是*Passer domesticus*[20]，顾名思义，它们和候鸟正好相反。它们就像不太识相的访客，一旦来到主人的家就住了下来，不肯离开。大多数地区的麻雀都长期住在某个地方，有着高度的固定性，很少远离它们的居所。它们只在栖息处附近觅食，在群落附近繁殖，但它们却能以惊人的速度分布到世界各地。

特德·安德森在他所撰写的《无所不在的家麻雀》这本书中表示，有人提出了一个理论，认为家麻雀从前一直“和不好动的人们共生”，直到大约1万年前中东地区的农业兴起后才自成一个物种。有些科学

家则根据在巴勒斯坦伯利恒附近的一个洞穴出土的化石，分析它们的历史可以远溯至500万年前。无论如何，家麻雀非常善于适应人类居住的环境，因此它们被称为“终极的机会主义者”。人类走到哪里，它们便跟到哪里。

麻雀是否具有某种特殊的才智，才会如此善于适应人类的栖息地？没有这种才智的鸟类又会如何呢？

这可不是无关紧要的问题。鸟类正面临它们的演化史上空前的巨变，这是人类世——由人为变化所塑造的一个新纪元所造成的。这些改变正逐渐促成所谓的第六次生物大灭绝。数百万年来一直是鸟类栖息地的土地，如今纷纷被开发为农田、城市和郊区。外来物种占据了原生动植物的栖息地，气候的变化使得各地的降雨和气温都发生了改变，影响了鸟类的觅食、迁徙和繁殖行为。有许多种鸟不太能承受这些变化，但也有些鸟可以。

家麻雀和其他类似的鸟（包括鸽子、斑鸠及其他“和人类共居”的鸟）是否在认知能力上有什么特别之处？它们之所以能在一个多少已经[240]被改变或劣化的环境中生存，是否因为它们具有一些特定的心智能力？

或者，我们应该反过来看，人类所造成的变化或许已经开始逐渐改变鸟类的大脑和行为。鸟类是否为了生存，不得不逐渐演化出某种特定的智力——像麻雀一样的智力？

鸟类学家皮特·邓恩称家麻雀为“人行道麻雀”。在1850年前，北美洲并没有家麻雀。但到了今天，它们的数量却高达几百万。你不得不佩服它们的本事。据说在1851年，布鲁克林地区的人们为了控制蛾的危害而首次引进16只麻雀。这批麻雀来到新大陆之后，未必就喜欢这里的环境，但第二年从英国进口的大批麻雀却立刻适应了新环境，并大量繁衍。它们之所以能够如此迅速地扩张，部分原因是当时有些人士和团体一心一意要用来自旧大陆的动植物装点他们的公园。即便如此，它们的传播速度仍然快得惊人。

美国的土地不仅谷物丰饶，而且到处都是马粪，很合麻雀的胃口，因此它们到来之后便迅速地繁衍扩散。各个农业区都可以看到它们的踪影，而且它们什么都吃，无论是谷物、小型水果还是多汁的庭园作物（例如嫩豌豆、芜菁、卷心菜、苹果、桃子、李子、梨子和草莓），来者不拒。因此，它们很快就被视为高度有害的动物。到1889年时（距它们被引进美国的时间只有几十年），人们已经开始组建“麻雀俱乐部”，唯一的目的就是要消灭麻雀。当时，各州县的官员

甚至提供悬赏，人们每杀死一只麻雀，就可以得到2美分的奖金。

不久，家麻雀就遍布美国和加拿大。再极端的环境［例如在海平面以下280英尺（约85米）的加利福尼亚州死谷和海拔10000英尺（约3048米）的科罗拉多州落基山脉］它们都能适应。后来，它们进一[241]步往南发展，进入了墨西哥，越过中南美洲，远及火地岛，并沿着亚马孙横贯公路深入巴西雨林。在欧洲、非洲和亚洲，它们也扩散到芬兰北部、北极圈、南非和西伯利亚等地。

如今，这些不起眼的家麻雀已经成为全球分布最广的野鸟，总数约5.4亿只。除了南极洲之外，每个大陆都可以见到它们的身影。世界各地的岛屿（从古巴和西印度群岛，到夏威夷群岛、亚速尔群岛、佛得角乃至新喀里多尼亚群岛）也都有它们的踪迹。安德森在他的书中表示，他坐在客厅里收听全球各地的广播或电视新闻时，几乎都可以听到家麻雀的叫声。

我是在马里兰州长大的。在我成长期间，麻雀一直被视为“坏鸟”，不仅惹人讨厌、生性好斗、多管闲事，而且会骚扰那些“好鸟”（例如崖燕、歌鸲、鹪鹩和蓝鸲），把它们赶走，简直像是恶棍一般。

麻雀的坏名声并非空穴来风。20世纪70年代末到80年代初，科学家帕特里夏·戈瓦蒂曾经花了6年的时间监测蓝鸲的20个巢箱，结果她在里面发现了28只成鸟的尸体。其中20只的头部或胸部受到重创。“有18只鸟的头顶有血迹，羽毛被啄掉，头骨也裂开了。”她写道。她在这些鸟死亡前后拜访那些巢箱时，曾经在其中18个巢箱附近看到家麻雀。

当然，这只是间接证据。戈瓦蒂从未目睹家麻雀攻击蓝鸲的头，但她曾经有三次看到家麻雀在受害者的尸体上筑巢。她写道：“有一只死掉的蓝鸲的右翼被拉开并竖了起来，成了家麻雀的鸟巢的一部分。”

人们指责家麻雀是恶棍，是有翅膀的老鼠，说它们是有害动物，甚至凶残成性，或许不无道理。但无论如何，它们都很善于入侵异地，而且无论到哪里几乎都能喧宾夺主。据我们所知，全世界有39个引进麻雀的案例，其中33个都很成功。[242]

过去15年来，西班牙生态学与林学应用研究中心的生态学家丹尼尔·索尔一直在思考一个问题：是什么因素使得像麻雀这样的鸟可以如此轻易地适应一个地方的环境？他把这种现象称为入侵悖论：“为什

么有些外来物种能够适应它们从未接触过的环境，甚至到后来，数量变得比许多原生种更多？”是什么因素使某些鸟类更有能力面对环境的剧烈变化？

如果有一天，有几十只不同种类的外来鸟逃出了笼子，索尔可以告诉你，其中有哪几只很可能在20年后还在我们的公园长椅附近争吵，在电线杆上的大鸟巢里嘎嘎地叫，大群大群地聚集在一起，遮天蔽日，压缩原生物种的生存空间。索尔的预测所依据的是他多年来在世界各地观察入侵鸟种共同特色的心得。

过去，科学家们在研究入侵鸟种得以成功繁衍的因素时，都把焦点放在它们的筑巢习惯、迁徙模式、每一窝所生的小鸟数量和身体质量所造成的影响。但在几年前，索尔和他的同事勒菲弗决定做另外一种研究，看看脑子的大小和智力的高低是否也有影响。他们首先检视了新西兰一带（这个地区有各式各样的外来物种）的外来鸟种的资料，结果发现在39种被引进新西兰的鸟种中，有19种大量繁衍，其余20种则并非如此。

接着，他们开始研究这19个成功入侵的外来种和那些无法落地生根的鸟种各自有何特色，结果他们发现二者之间有两个明显的差异。首先，那些成功繁衍的外来种脑子都比较大。其次，它们都表现出勒菲弗在他的鸟类智商表中所列出的灵活而具有创新性的行为。

后来，索尔又检视了全球各地的428个入侵鸟种，结果发现它们也有同样的特质。那些成功“移民”的鸟类脑子都比较大，也更富有创造力，其中有很多都是鸦科鸟类（它们号称是“创意之王”），包括非243洲、新加坡和阿拉伯半岛的家鸦（*Corvus splendens*），日本的大嘴乌鸦（*Corvus macrorhynchos*），还有美国西南部的渡鸦。这些乌鸦的脑子都很大，而且全都被当地人视为有害动物。

两栖动物和爬行动物的情况也是如此，那些成功繁衍的外来种的脑子都比那些不太成功的物种大。哺乳动物（包括几乎入侵了地球上所有陆上栖息地，被称为“会殖民的大猩猩”的人类）亦然。

要拥有一个大脑袋并维持它的运作，需要耗费很多能量。但有些科学家认为，鸟类如果拥有较大的脑子，就更能快速适应一些罕见、陌生或复杂的生态挑战（例如找到新的食物或逃离不熟悉的捕食者）。这种理论叫作认知缓冲假说。较大的脑子可以让动物在面对环境的改变时有一些“缓冲”的空间，让它们能够适应新的资源，愿意尝试新的食物并探索新的事物与情境（一个比较僵化的物种可能就不会这么做）。换句话说，它们有足够的灵活度，能用不同的方法来做

事。索尔指出，鸟类想要在一个新的或已经改变的环境中成功繁衍，就必须有能力采取新的行动。

在停车场或摩天大楼的附近，通常没有什么可以给鸟吃的食物，但有两位生态学家曾经在伊利诺伊州诺默尔的一处停车场看到几只家麻雀沿着一排车辆搜寻被困在散热器里的昆虫。此外，也有人看到麻雀深夜时分在帝国大厦第八十层的观景台周围的泛光灯里搜寻可吃的昆虫。（那人写道：“这显示曼哈顿并非鸟类荒漠。”）

这些只不过是家麻雀诸多事迹中的一小部分罢了。勒菲弗曾经统计了808种鸟类的创新性行为，结果发现许多种鸟类只表现出1种创新性行为，但家麻雀却有44种。

大家都知道麻雀经常在一些很奇怪的地方筑巢，例如屋椽、排水沟、屋顶、拱腹、阁楼的通风口、烘干机的出风口、水管和通风管等，应[244]有尽有。一位密苏里州的生态学家有一次看到几只麻雀把食物带到堪萨斯州麦克弗森的一座正在使用的油泵。他尾随察看后，发现那里的几座油泵里有三个鸟巢，而且里面都有雏鸟。其中两个巢每隔几秒钟就会随着泵的转动而上升或下降约2英尺（约0.6米）。

除此以外，家麻雀还会用一些很奇怪的材料（例如从活着的鸟身上拔下来的羽毛，其数量有时会多达好几百根）来铺鸟巢。某一年春天，在新西兰惠灵顿市的维多利亚大学，有人整整一周都看到好几只麻雀飞到一只正在孵蛋的鸽子那儿，拔它尾巴上的羽毛。而且在1小时之内就拔了六七根。此人在文中写道：“那些麻雀会先停在壁架上，然后再跳到鸽子背上，拔出一根廓羽，之后就飞走了。”

某些城市的麻雀巢里甚至还可以看到烟蒂，这些烟蒂里面含有大量的尼古丁和其他有毒物质（包括可以驱除各种可怕害虫的微量杀虫剂），所以是很有效的驱虫剂。这显然是一种利用材料的新方法，非常巧妙。

在觅食方面，家麻雀也具备冒险和创新精神。只要是有食物的地方，它们就会前往，不管是否去过那些地方，也不管是否吃过那些食物。它们会吃植物（主要是种子，但也包括花朵、花苞和叶子）、昆虫、蜘蛛、蜥蜴和壁虎，偶尔也会吃幼小的家鼠乃至各式各样的人类垃圾。在觅食方式上，它们也很有创意。有人曾经看到几只麻雀有条不紊地沿着英国埃文河边的栏杆飞行，在杆缝的蛛网上抓虫子吃。夏威夷毛伊岛上，麻雀很擅长在海滨酒店的阳台上偷吃游客的早餐。那里的阳台有数百座，它们不会逐一巡逻，而是守在阳台间的混凝土墙上，等着早餐被端上来。这样它们就可以节省一些力气，既不必飞来

飞去，察[245]看有谁在吃早餐，也不必在阳台前盘旋，等着那些面包出现。

不过最出名的壮举，应该是它们破解了人类所发明的一个时髦的产品。几年前，有两位生物学家在新西兰的一个公交车站看到几只家麻雀反复打开一家自助餐厅的自动门，让他们既惊讶又开心。那些家麻雀有时缓缓地飞过感应器，有时在它前面盘旋，有时则停在感应器上方，把身体往前倾，把脖子垂下来，直到它们的头部触动那个感应器为止。在45分钟之内，它们一共把门打开了16次。那扇自动门是新的，2个月前才装好，但那些麻雀却轻而易举地学会如何操控它，那感应器上也因此而沾满了鸟粪。

新西兰其他地方的麻雀也有类似的行为。有人曾经在新西兰下哈特的道斯美术馆看到一只麻雀打开了通往该馆自助餐厅的双重自动门。几分钟后，它又相继启动那两个感应器，回到餐厅外面。在之前的几个月当中，餐厅的职员已经有许多次看到它触动自动门的感应器，因此他们都对它很熟悉，还帮它取名为“奈杰尔”。观察者指出，许多国家都有麻雀，也都有这样的自动门，但那些国家却不曾有过类似的报道。“看来，要不就是那些国家的鸟类学家没有把他们所看到的现象报道出来，要不就是新西兰的麻雀比较聪明。”

在这方面，麻雀和翻石鹬（*Arenaria interpres*）正好形成鲜明对比。翻石鹬是一种小型涉禽，很少创新。彼得·马修森在他的著作《风鸟》中描述了18世纪英国的博物学家马克·凯茨比针对鸻鹬类的行为所做的一项早期实验：“凯茨比拿了一些石头让一只翻石鹬翻动，以观察它的进食习性（翻石鹬之所以得名，就是因为它喜欢把石头翻开来，寻找底下的食物）。当时的人所做的科学实验并不像今天这么复杂。凯茨比只是有系统地把一些石头（下面没有任何东西）拿给那只翻石鹬翻，后者‘在石头底下找不到平常吃的那些食物，结果就死掉了’。”[246]

大多数脊椎动物不是害怕奇怪的东西，就是对它们视若无睹，家麻雀则不然。南佛罗里达大学的林恩·马丁曾经测试麻雀对新奇事物（例如一只橡皮球或一只塑料制的玩具蜥蜴）的耐受性。他把这些物品放在几只装种子的喂鸟杯附近，结果他很惊讶地发现，那些家麻雀不仅没有被那些奇怪的东西吓到，反而似乎被它们所吸引，当他把橡皮球或塑料蜥蜴放在那几只装种子的杯子附近时，它们似乎更愿意靠近。马丁表示，这是史上第一个脊椎动物（除了人类之外）被新奇事物吸引的案例。

在入侵异地时，你对新奇事物的喜好将会助你一臂之力。

如果你喜欢拉帮结伙，那就更好了。

麻雀是群居性动物，不喜欢独自进食、沐浴或栖息。它们会召唤其他鸟类一起觅食，也喜欢成群结队（有时几只，有时几百只，甚至几千只）地栖息。对麻雀（和其他鸟类）而言，群体生活显然有好处。一个好处是它们可以免受掠食者的攻击（会吃家麻雀的动物太多了，所以警惕的眼睛越多，它们就越安全）。另一个好处便是它们可以更快地找到食物。如果有一只鸟衔着满嘴食物从某个方向飞过来，它们就知道要去哪里寻找食物，而且知道走哪一条路线最快。

此外，根据匈牙利潘诺尼亚大学的学者安德拉什·利克尔和韦罗妮卡·博科尼近年所做的一项研究，一大群麻雀解决问题的速度，似乎比单只或小群的麻雀更快。他们用一只透明的有机玻璃盒装了一些种子，并在盒盖上钻了几个洞，再用小盖子盖住每个洞，并在每只小盖子上面粘上一个小小的黑色橡胶柄。那些麻雀如果想吃种子，就必须把小盖子拉开，或用力地啄，以便将它推开。两位研究者发现，由6只[247]麻雀所组成的群体，在每个方面的表现都比由2只麻雀组成的群体更好。前者打开的小盖子数量是后者的4倍，解决问题的速度比后者快了11倍，吃到种子的速度则是后者的7倍。总的来说，前者的成功率是后者的10倍。利克尔和博科尼认为，前者之所以表现较好，是因为它们当中的成员各有不同的能力、经验和性情。他们在论文中指出："大群体的表现较好，是因为它们更可能囊括各种不同的个体，其中有些很善于解决问题。"

科学家针对其他鸟种所做的研究也证实了这个说法。以阿拉伯鸫鹛为例，"一旦它们的群体当中有某一只鸟学会了一件事，其余的鸟学习的速度也会变快。"阿曼达·里德利表示，较大的群体比较容易学会新的技巧。"

人类也是如此。有研究显示，由三到五个背景不同的人所组成的群体解答智力测验问题的速度，甚至比一个极其聪明的人更快。心理学家斯蒂芬·平克甚至因此主张，人类之所以能够演化出如此高的智商，是因为我们的祖先过着群体生活，并因而有机会向彼此学习。

入侵种的鸟类经常会碰到具有挑战性的陌生情境，因此它们必须想出新的方式解决问题。这时，群体比独来独往的个体更能快速地解决问题，利克尔和博科尼表示："麻雀生活在不断被人类改变的栖息地上，对这样的物种而言，三个臭皮匠绝对胜过一个诸葛亮。"

从上面的叙述中，我们可以推论出，一只家麻雀的脑子不见得和另外一只相同。

养过宠物的人士或许都很清楚，每只动物都有自己的个性。但长久以来，人们一直不认为同一种鸟彼此之间会有任何差异，并预期品种相同的鸟类就会表现出同样的行为。鸟类学家埃德蒙·塞卢斯指出：“人们往往以为每一种动物都有一定的样子。”但他提醒我们：“这是因为他们对动物行为观察得太少……真正的博物学家会用鲍斯韦尔对待约翰逊博士的态度来对待每一个生物。”[21]每一只鸟都是一个独248特的个体，各自以其独有的方式应对各种情境，例如要用哪些线索来辨识方向、对类催产素分子有什么反应、是否要搞婚外情、看到新奇的事物会有何反应等。鸟类就像人类一样，有不同的个性，会做出不同的行为。我猜这应该是由鸟的“心智”所决定，但也会展现在身体上，例如鸟类对压力的反应。面对同样的压力，有些鸟的反应会很强烈（例如打斗或逃跑），但有些鸟可能只是稍微不爽。新西兰梅西大学的约翰·科克雷姆在研究小蓝企鹅（*Eudyptula minor*）和其他一些鸟类的应激反应时，就发现不同的鸟对环境压力的反应有很大的差异。

在麻雀适应新奇、不稳定的环境时，这样的差异或许扮演了很重要的角色。当它们面对一个广阔而又危险的地方（例如一座城市）时，群体中有各种不同的成员是一件好事。

为了了解这些勇敢的麻雀具有哪些特质，林恩·马丁实地研究了那些正在入侵新地盘的麻雀。马丁是一位生态生理学家，他以肯尼亚的家麻雀为研究对象。这些麻雀是在20世纪50年代被引进滨海的蒙巴萨市（它们可能是随着南非的船只抵达该市）。马丁在2002年（当时他还是一个研究生）开始进行这项研究时，麻雀在肯尼亚仍相当罕见。但如今，蒙巴萨以北一直到乌干达边境的各个城市当中，到处都可以看到麻雀。（马丁就像安德森一样，是借着他在广播和电视节目中所听到的麻雀叫声来追踪它们在肯尼亚传播的情况。）他和他的研究小组根据一个地方与蒙巴萨之间的距离来判定当地麻雀群落的新旧。他们想以此了解位于最初引进地的老群落和位于分布区最外围（例如内罗毕、纳库鲁和卡卡梅加等城市）的新群落之间有何不同。

他们发现，距离蒙巴萨最远（位于入侵的最前线）的麻雀免疫系统较强，在被抓到后所分泌的应激激素也较多。马丁等人认为，较多的应激激素使得麻雀能够更快速地做出应激反应，从而渡过危机，并249有可能使它们记住这些危机。

此外，前线的麻雀也比较喜欢吃它们没吃过的食物。马丁手下的一位研究生安德烈亚·利布尔曾经拿一些麻雀很陌生的食物（例如冻干草莓和狗粮）给它们吃，结果她发现老群落的麻雀即便肚子很饿，也不肯吃那些奇奇怪怪的食物。相较而言，新群落的麻雀却毫不犹豫地

把那些草莓和狗粮全都吃掉。利布尔表示，这是因为生长区外围的食物和资源多半是它们所不熟悉的，因此它们如果愿意尝试新事物，就会占有很大的优势，否则就有可能饿死。

如果尝试新事物，吃些没有吃过的东西，有这么大的好处，那为什么有些麻雀不这么做呢？

因为这样做是有风险的。尝试新事物可能要付出一些代价。好奇心除了会害死一只猫之外，也可能会害死一只鸟。探索未知的新事物不仅会耗费时间与精力，也可能会带来麻烦。你在品尝新食物时，可能也会同时吃下新的毒素与病菌。

大蓝鹭向来以勇于尝试新食物著称，它们会吃各式各样体积大而笨重、难以处理的猎物（例如蛇、刺鱼、杜父鱼和其他带刺的鱼）。但前不久，在密西西比州的比洛克西市的海边，有一只大蓝鹭刷新了纪录，居然吃下了一只板鳃鱼。那是11月的一天，多芬岛海洋实验室的一群科学家看到一只大蓝鹭在岸边的海面上一再攻击水里的某个东西，但都未得手。之后，它就把头埋在水里。过了一段时间再出来时，它的喙上戳着一只大西洋魟鱼。有很多动物（包括虎鲸、海狗和好几种鲨鱼）都以板鳃鱼为食，但鸟类怎么可能会吃呢？目击此事的科学家说，那魟鱼在大蓝鹭的喙里“挣扎扭动，并来回甩着它的尾巴和毒刺”。过了12分钟，大蓝鹭终于把那魟鱼吃进嘴里，并且扩张食道，把它整个吞了下去。在整个过程中，大蓝鹭显然并未感到任何的不舒服。[250]

有一只褐鹈鹕（*Pelecanus occidentalis*）做了同样的事，结果却死在下加利福尼亚的海岸上。有人发现它的喉咙里卡着一根魟鱼的尾刺，因此它应该是被噎死或中毒而死。观察人士表示：“这证明机会主义式的生活方式是很危险的。”

啄羊鹦鹉（新西兰特有的一种聪明、爱玩的鹦鹉）几乎什么都吃，它们的菜单上的食物多达上百种，包括植物、昆虫、蛋、海鸟的幼雏和动物的尸体（这或许是它们虽然受到新西兰人类聚落的危害却没有大量灭绝的原因之一），甚至还会吃羊。这种鹦鹉生长在高山上，19世纪60年代时，人们将羊群引进了它们的栖息地。刚开始时它们只吃死羊，后来就逐渐改用新的觅食策略。它们会站在活羊的背上，直接啄食羊背上的脂肪和肌肉组织。

这样的觅食特性使得啄羊鹦鹉长久以来一直得以在严酷的环境中生存，但近年来它们却因此而遭殃。由于它们会吃羊，农夫们十分痛恨这种鸟，甚至悬赏捉拿它们，进而导致大约15万只啄羊鹦鹉丧生。

剩余的1000到5000只也因为喜欢在滑雪场、停车场和垃圾场寻宝而岌岌可危。库克山的一座村子里，甚至有一只啄羊鹦鹉因为打开了垃圾桶的盖子而惹上杀身之祸。它死后，有人发现它的嗉囊里有20克的黑色液体。它的死因究竟为何？“因为它吃了黑巧克力，以致发生甲基黄嘌呤中毒现象。”

重点在于，探索未知的新事物是一件危险的事。麻雀刚刚进入一个新环境时，对其中的许多事物还不熟悉，因此“尝试不一样的食物或住所”这样的策略可能对它们有利。但诚如马丁所言：“吃新的（质量可能很差）食物会增加风险，包括受到感染等。”因此，它们一旦在一个地方站稳了脚跟，可能就会改变策略，不再吃它们没吃过的食物。

不过，群体里如果能囊括各种个性不同的成员——有些冒进（这[251]些成员可以激励其他成员跟进），有些谨慎——还是有好处的。

以下是麻雀成功的秘诀：喜欢新奇的事物，具有创意，胆子很大，喜欢成群结伙。

除此以外，它们喜欢住在城市（这是地表上极其普遍的一种栖息地），而且一个繁殖季节就能够孵好几窝蛋。（这叫作分散风险策略，这样即使它们偶尔繁殖失败，损失也不会太过惨重。诚如丹尼尔·索尔所言，这种策略“在城市环境中似乎特别有用，因为在城市里，繁殖失败的风险可能很大”。）以上种种特质造就了麻雀的绝佳适应力，使它们能够很容易地接受没有吃过的食物，采取新的觅食策略，并在各种令人意想不到的地方筑巢。这也是一种天赋。就麻雀的例子而言，“能够做出改变就代表聪明”。据说这话并非出自达尔文，而是出自爱因斯坦。

家麻雀并不是唯一爱吃垃圾、喜欢在排水管内筑巢的鸟类。其他几种鸟（包括鸽子、乌鸦和少数小型的鸣禽）也经常与人类共生，而且很能适应各种变动剧烈的环境，例如城市。城市里有许多新的机会，但也有各式各样的危险，例如车辆、电线、建筑物和窗户。（以多伦多为例，在那里，光是20栋建筑物就导致3万多只鸟类撞死。）索尔和他的研究小组检视了全球各地的800种鸟类，找出一些他所说的“真正能够充分利用城市资源的鸟类”。他指出，这些鸟在城市里的密度，比在自然的环境中更高，其中包括鸦科、乌鸫和鸽子家族的成员。此外，索尔等人也列出了让这些鸟得以在城市生存的若干特征和行为。其中[252]最主要的是，它们的脑子较大，能够适应各种奇奇怪怪的食物、危险的车辆、一天24小时的光线和持续不断的噪声。举例来说，城市里的鸣禽必须在歌声上做出一些调适——由于城市里有各

式各样低频的噪声，它们必须有意愿也有能力提高音调。前不久，加拿大的一些研究人员发现，当交通噪声变得很嘈杂时，黑顶山雀会用较高的音频鸣唱，以免它们的歌声被低频的城市噪声所淹没。当噪声变小时，它们就会恢复原先的曲调（频率较低、速度较慢、更有音乐性），这些研究人员指出："山雀之所以能在城市的环境中繁衍，原因之一可能是它们在鸣唱方面展现出高度灵活性。"欧亚鸲也有办法克服城市的噪声，它们会在比较安静的夜晚唱歌。

有人说城市是一台学习机，它们可能会使聪明的鸟类变得更加聪明。

那么，怎样的鸟类不能在城市丛林中存活呢？是那些和麻雀迥异、胆小怯懦或墨守成规的鸟，一听到人类喧嚣的声音就吓得从巢里飞出来的鸟，被一天24小时都有的光线搞得不知所措的鸟。总而言之，就是那种脑子小、不够灵活、偏科的鸟。

不光是在城市，农田（甚至包括那些远离城市和郊区的地方）的情况也是如此。有一群科学家曾经研究英国农田的鸟类数量在30年间的变化，结果发现那些脑子较小的物种（例如鸣禽和树麻雀）数量急剧下降，但脑子较大的物种（例如喜鹊和山雀）则繁衍如常。习性最顽固、对栖息地最挑剔的鸟类受到的冲击最大。

科学家们在中美洲的农田和丛林所做的研究也证实了这一点。斯坦福大学的一群生物学家12年来持续统计哥斯达黎加3种不同形态的栖息地上的鸟类数目。这3种栖息地分别是相对未受污染的森林保护区，混合型的农地（有各种作物零星散布的小片林地），密集耕作、253种植单一作物（甘蔗或菠萝）的大型农场。

他们在44个样带上进行了12年的调查，结果发现当地共有500种鸟，总数达12万只。令他们意外的是，混合型农田的鸟类种类居然和原始森林一样多。但他们感兴趣的不只是物种的多样性，他们也想知道这些鸟类当中是否有亲缘关系很远的物种。

他们的发现透露了一些端倪。

混合型农田（鸟类在这里经常会受到人类的干扰和攻击）中的鸟类，大多数都是亲缘关系很近，而且很容易适应变迁的物种，其中以麻雀和乌鸫为主（这两种鸟在最近二三百万年间才演化成不同的物种）。在这里，看不到和这些鸟亲缘关系很远的鸟种，例如大□（*Tinamus major*）。这是一种体形矮胖、身上有斑点、无法飞行的鸟类，在大约1亿年前，从乌鸫和麻雀家族分化出来。它们只能生活在

一种特殊的丛林栖息地，因为只有在那里，它们那黄褐色与灰色夹杂的羽毛才能融入树叶的颜色中。（不过它们的蛋却很有光泽，色彩醒目：有些是亮绿色，有些是天蓝色，还有如同铜器一般的紫褐色。）

这不免会让有心保护鸟类多样性的人士想到一个很重要的问题：那些聪明伶俐、适应能力强的鸟类（例如麻雀和乌鸫）演化出新物种的速度是否会比较快？丹尼尔·索尔和他的团队所做的研究显示，情况可能正是如此。就鸟类而言，不同的类别所含的物种数量差异很大。雀形目（包括麻雀和相关的鸣禽）中有3556个物种，但齿鹑科（鹌鹑和它们的亲戚）却只有6种。索尔所做的分类学研究显示，脑子较大、敢于创新、适应力较强并善于入侵新环境的鸟类种数增加的速度较快，其中包括鸦科、鸥形目和猛禽类。这几类鸟都能够迅速调整它们的觅食行为。

这种说法被称为行为驱力理论。此观点认为，个别的鸟类在采取了一个新的习惯之后，便会面临新的自然选择压力。这些压力可能会
254使它的基因发生变异，增进它在新生活或新环境中的效能。拥有这些突变基因的鸟类会形成一个新的种。换句话说，新的行为会形成新的特色，新的特色又会形成新的物种。这样那些灵活变通、能够轻易接受新的食物或采取新的觅食方法的鸟类在演化过程中所形成的新种，就会比那些不知变通的鸟类更多。

这或许在相当的程度上能够说明为何鸦科家族拥有将近120个种，而平胸鸟类（例如鸵鸟、鸸鹋等不会飞的鸟）却只有少数几个种。这不免让我们想到，人类所创造的各种动荡不安的新环境，是否已经开始对鸟的谱系产生了影响。

即使是生活在偏远山脊上的原始森林中的鸟类，也已经感受到人类所造成的影响。这种影响并非来自城市和农田的扩张，而是来自某种更广泛的变化。

2014年初，康奈尔大学的年轻研究员本·弗里曼和亚历山德拉·弗里曼发现，这半个世纪以来，因为地球温室效应导致气温上升的缘故，居住在新几内亚山区的鸟种（共87种）已经有70%迁移到更高的山坡［迁移的平均距离为500英尺（约152米）］。此外，本·弗里曼还发现一个很有趣的现象：热带山区的鸟类所生活的海拔带都非常狭窄。他说：“我往山上走时，可能在15分钟内就会陆续经过三座森林。

第一座森林里完全看不到某一种鸟。到了第二座时，却发现这种鸟多得很。在接下来的第三座森林里又再度看不到这种鸟。这真是一

个令人惊讶的现象。”事实上，这三座森林并没有什么不同，而且那些鸟也有能力往高处或低处飞，但情况却是如此。他不禁猜想：“这是不是因为它们有一定的适居带，而其他的海拔高度对它们来说，不是太热就是太冷？”

情况似乎正是如此。

255在新几内亚主岛的一座死火山卡里穆伊峰上，虽然气温仅仅上升了华氏0.7度，天堂鸟的生长区却已经往上挪了300多英尺（91米以上）。弗里曼表示：“由于山峰是呈金字塔的形状，因此鸟类越往上移，能够居住的区域就越小。也就是说，它们既受气温所迫，生存空间也被压缩。”以白翅薮鹟（*Peneothello sigillata*）为例，50年前，这种鸟分布在山顶往下1000英尺（约305米）的范围内，但现在它们却被迫挤在顶端400英尺（约122米）以内的空间。

预计到了本世纪末，新几内亚的气温还会再上升华氏4.5度。目前有4种鸟已经因为难耐高温而搬到卡里穆伊峰的山顶，如果气温继续上升，这些远古世代便已分化、已经特化的鸟类，就会面临灭绝的命运。即便气温只上升一两度，它们也无处可去，只能飞上天空。

距我家不远处，有一座名叫“巴克的手肘”的小山，它只不过是弗吉尼亚州的一座古老山丘，不像卡里穆伊峰那般具有异国情调，但我喜欢到山顶上享受一望无际的视野与开阔的风光。山顶的景色颇为荒凉，几乎像是爱尔兰的荒野一般。天气晴朗时，从这里可以鸟瞰四周的阿巴拉契亚山脉的全景。但在这个春日的午后，整座山头都笼罩在雾气中，显得一片沉寂。

山顶虽然荒凉，但下方的山坡过去曾经布满原始森林，只不过在很早之前便已遭到砍伐，就像美国东部的许多原始林区一般。我曾经看过一张地图，上面显示了人类对地球造成的冲击。根据这张地图，全球只有大约15%的陆地没有遭到人类染指。除了这一点土地之外，其他地方到处都是城镇、农田和道路，夜晚也都有明晃晃的灯光。但即便在像卡里穆伊这般人迹罕至之处，改变也正在发生。据估计，在未来60年间，全球气温将会上升华氏3度到7度。

如今，“巴克的手肘”山这一带的动植物似乎都比从前更加早熟。鬼臼那腼腆的白色花朵在4月中旬就已经盛开，山顶的黄花杓兰开花的时间也比从前提早了将近1个月。

几天前，在附近的一座小公园内，我看到一只小东蓝鸲站在一株
256刺槐树的主枝上。它大约刚出生两三个星期，仍是一副憨态可掬

的雏鸟模样，嘴巴张得大大的，尾巴短短的，头部的羽毛一根根竖了起来。当时和我同行的那位鸟类学家非常惊讶。“从来没听说过这一带在4月就可以看到东蓝鸲的幼鸟，时节还没到呢！”

人们都说弗吉尼亚州的气候正变得越来越像低纬度地区，事实也确是如此。根据大自然保护协会的预测，弗吉尼亚州到了2050年时，就会变得像南卡罗来纳州一样热。再过50年，气温就会接近佛罗里达州北部。由于气温不断上升，留鸟的生长时间已开始受到影响。那些习惯温带气候的物种正在向南极和北极的方向移动。50年前，美国北部很少看到主红雀和卡罗苇鹪鹩等“南方”物种，现在它们已经非常普遍。

面临日益上升的气温，鸟类在无处可去时，会以两种方式来应对：逐渐演化或调整行为。

向来善于适应环境的大山雀似乎已经明白这一点，至少从一项调查的结果来看，它们已经做出了调整。这是由牛津大学的一个研究小组针对在怀特姆森林繁殖的大山雀群落所做的长期调查。其结果显示，大山雀每一代的寿命都很短，因此得以迅速演化（但还不够快）。它们之所以能够存活，关键在于它们能够迅速调整自己的行为。怀特姆森林里的大山雀会在春天毛毛虫（这是它们用来喂幼鸟的食物）最多的时节下蛋并孵卵。毛毛虫到了春天树木开花时便会破蛹而出，但树木何时开花要视温度而定。由于过去这半个世纪以来气温不断上升，如今在怀特姆森林里，树木开花和盛产毛毛虫的时间已经比1960年这项调查展开之时更早。如果那些大山雀产卵的时间仍旧和过去相同，它们就会错过毛毛虫最多的时节，它们的幼雏就会挨饿。但这些大山雀显然已经察觉到了这些变化，因此现在它们产卵的时间已经提前了大约2个星期。

调查的结果显示，正是因为这些大山雀能够做出这样的调整，它们才得以在气温每年升高华氏0.9度的情况下依然得以存活。它们如果没有这么做，灭绝的风险将会增加500倍。

[257]研究人员依据这个模式来预测其他鸟类在气候逐渐变暖的情况下可能会受到的影响。他们的结论是，体形较大、寿命较长的鸟种，将会处于比较不利的局面。这类鸟每一代的寿命较长，因而演化较慢，因此它们更有必要靠着行为上的调整来存活。这样的预测如果准确，那么那些体形较大、不知变通的鸟类可能前途堪忧。

长途迁徙的候鸟尤其容易受到全球变暖的影响，这类鸟总体来说脑子较小，也比较不知变通。它们必须准确地在一年一度食物最丰盛

的时节进行繁殖，才能获得足够的营养。如果因为气候变暖的缘故，这些食物出现的时间和从前不同，它们可能就会遭殃。最容易受害的也许是那些在高纬度地区繁殖或过冬的鸟类，因为根据一般的预期，气候变暖现象在高纬度地区造成的变化会特别剧烈。

除此以外，有许多候鸟也必须精准地计算它们在一个地方过境的时间，以便在旅程中的某几个重要阶段吃到足够的食物。以红腹滨鹬为例，这种鸟的脑子不大，但迁徙的路程很长。它们每年春天都会从南美洲最南端的火地岛飞到北极，全程一共9300英里（约14967千米）。数千年来，它们在迁徙途中从特拉华州过境时，也正好是鲎在特拉华湾的海滩上产卵的时节，因此它们向来都以这些鲎卵为食。鲎的卵富含脂肪，一只红腹滨鹬只要吃上10天，体重就可以增加1倍。然而，自20世纪80年代以来，由于人们过度捕捞鲎等因素，红腹滨鹬的数量已经减少了75%。近年来，捕捞的行动已经趋缓，但气候的变化却可能会对它们造成另一种打击。这是因为红腹滨鹬必须在鲎出现的时节抵达特拉华湾，才能吃到鲎卵，摄取到足够的营养，让它们有力气飞到北极去繁殖。但气候的变化可能会使它们无法在鲎现身时来到特拉华湾。如果因为海水变暖的缘故，鲎在红腹滨鹬抵达之前就开始产卵，它们就会错失这个重要的食物来源。

事实上，就连那些比较聪明的鸟类也已经受到气候变暖的威胁。以北美白眉山雀为例，这种鸟体形小巧，很能耐寒，喜欢住在高山的针叶林区。然而据估计，它们的栖息地在未来半个世纪将会缩减65%。[258]除此以外，全球变暖也可能会影响它们的认知能力与大脑结构。我在前文曾经提到，住在高纬度地区的山雀，其脑子比住在低纬度的同类更大。根据弗拉迪米尔·普拉沃苏多夫的说法，如果天气变得更加温暖，这些北美白眉山雀在冬天时所面临的自然选择压力将会减轻，因此日后它们的海马体可能会变小，智力也会降低。普拉沃苏多夫表示："如果生物必须付出一些代价才能维持较佳的记性，那么天气变暖的现象将不利于那些比较聪明的鸟类，更何况这些山雀的栖息地很快就会遭到来自南方的笨鸟入侵，这将会导致鸟类整体认知能力下降。"

即便那些聪明狡黠、适应力强的家麻雀也有它们的极限。2014年，西雅图市（本·弗里曼的家乡）的一项圣诞节鸟类调查结果显示，该市市区内的家麻雀总数只有225只。"这是史上最低的一次。"弗里曼表示，"这再次证明家麻雀的数量可能正在减少。"事实上，全球各地（包括北美、澳大利亚和印度）的家麻雀数量在急剧降低。在欧洲的某些城镇，这种现象尤其严重。家麻雀日益减少的现象虽未引起媒体关注，但在欧洲地区，它们已经被列入保护物种名单。在英国，它

们已经进入濒危物种名单。过去半个世纪以来，英国平均每小时减少50只家麻雀，没有人知道这是什么缘故。问题似乎在于雏鸟的存活率过低，而这个现象有可能是食物不足所致。其他可能的原因包括许多公园被改造为停车场，外来植物或污染导致昆虫密度降低。此外，也有许多成鸟被汽车撞死，或被越来越多的家猫和都市猛禽吃掉。以色列的若干研究显示，罪魁祸首可能是气候变化。林恩·马丁对以上说法都抱有怀疑的态度，但他也无法提出一个合理的解释。他说：“这种现象也有可能是由某种疾病导致。”无论原因为何，如果家麻雀的减少是一个指标，那么人类的环境确实已经出了问题。

[259]我在这阴暗、寂静的山顶坐了片刻。此时，万籁俱寂，我甚至可以听见自己的呼吸声。在这片雾气中，我很难想象外头的阳光有多么炽烈，但我却能想见树林、原野、山丘听不见鸟鸣的情景。地球上已知的物种中，已经有大约一半被人类灭绝了，其中包括所有鸟种的四分之一，而这些鸟当中又以脑子较小、对环境较为挑剔的远古鸟种为主。

在安德森那本有关家麻雀的书当中，最后一段是这么写的：“我在从巴格达、加沙、耶路撒冷或科索沃各地传来的直播新闻中听见麻雀的叫声时，偶尔会想，那些家麻雀看到人类所造成的种种祸患，不知道会怎么想？”

我也感同身受。我的两个女儿在她们的有生之年，可能会目睹地球上的鸟类逐渐减少，终至成为过往云烟。

可悲的是，我们甚至不知道有哪些鸟已经灭绝。这是因为科学家目前仍在持续发现新的物种，其中包括2012年在菲律宾发现的两种鹰鸮（其中一种因为宿务岛的林地普遍遭到砍伐，可能已经灭绝），2014年在印度尼西亚苏拉威西岛未遭农民砍伐的零星林地所发现的苏拉威西斑鹟（*Muscicapa sodhii*，一种体形极小的鸟，喉部有杂色的斑点，歌声悦耳），以及2015年发现的四川短翅莺（*Locustella chengi*，这种鸟生活在华中山区省份的浓密灌木林和茶园之中，很善于隐藏）。

是否还有一些物种在我们发现之前就已经灭绝了呢？

我们迄今仍然不知道如何为鸟类的智力下定义，并且仍然以人类尺度来衡量它。我们下意识地认定，那些心智和人类较为相像的鸟才是比较聪明的鸟，因此我们在衡量它们的智力时，必然会偏重人类所擅长的那些能力（例如制造工具），而非其他的能力（例如辨识方向）。

事实上，不久前有一项研究显示，乌鸦能够理解“模拟”的概念（从前我们一直认为只有人类和其他灵长类动物才具备这种高阶的理解能力）。在这项实验当中，研究人员让乌鸦们玩配对游戏。他们训练两只冠小嘴乌鸦（*Corvus cornix*），让它们能够选出和样本卡片一模一样的卡片。只要答对了，它们就可以获得一只面包虫（他们把每张卡片放在一只杯子里，并且把面包虫藏在正确的卡片下面）。训练成[260]功后，他们再让那些乌鸦玩一种新的游戏。这回它们要选出图案和样本卡片不同但模式相同的卡片。比方说，如果样本卡片上面的图案是两个一样大的正方形，乌鸦们就应该选出有两个一样大的圆形（而非两个不一样大的圆形）的卡片。结果那两只乌鸦在没有经过任何训练的情况下，便自动选出了正确的卡片。研究人员表示，这正是乌鸦具有模拟推理能力（人类的高阶思考能力之一）的绝佳例子。

这样的例子固然令人惊叹，但我们难道不应该同时欣赏鸟类本身特有的认知能力？候鸟的脑子或许不大，但它们的心智地图何其辽阔。此外，鸣禽也有独特而悠久的文化传统。根据理查德·普鲁姆的说法，鸣禽学习鸣唱的行为和它们的文化已经有大约三四千万年的历史。“甚至可能早于冈瓦纳大陆分裂的时间。”他在论文中指出，“人类的文化虽然可能已经有10万年的历史，但鸣禽早在几千万年之前就已经开始有广泛的‘审美文化’了。”

我们迄今仍不明白为什么有几种鸟看起来比其他鸟聪明，是因为它们必须设法解决它们在生态、技术或社交上所面临的种种问题，还是因为它们必须纵情高歌，或造出一座美丽的亭子，以赢得那些挑剔的雌鸟的青睐？

鸟类聪明的程度或许各不相同，但没有一种鸟是真正愚笨的。诚如鸟类学家理查德·F.约翰斯顿[22]所言：“它们的所作所为，都是为了适应环境。”没有任何一种鸟是神奇的，也没有任何一种鸟是完美的，但它们都各有各的天赋，大□和鹭鹤也不例外。我想到当初我在新喀里多尼亚岛遇到那只鹭鹤时，手上拎着相机，心跳加速的情景。后来我才知道这种有如幽灵一般的鸟有一双亮红色的大眼睛，让它能在森林昏暗的光线中看清猎物。它每年只生1只小鸟。这样的繁殖模式使它在狗被引进新喀里多尼亚岛后走上了绝路。但它真的比停在杰斐逊总统的肩膀上、吃他嘴里的食物的那只嘲鸫笨得多吗？事实上，一个物种无法适应新的掠食者，并不代表它很愚蠢。鹭鹤的“笨”，或许只是因为它们在经过长时间的适应之后，已经习惯从前那[261]种对它们有利的海岛环境。“如果你在没有掠食者的环境中演化，而且地面上就有你可以吃的食物，你只要直接啄食就行了，那么你就会把心思放在如何看见食物并且精准地啄食，而非如何寻找可以进食的机

会。”加文·亨特解释道，“谁知道鹭鹤为什么经常会跑到人类和狗的身边呢？或许是因为它们不喜欢别的鹭鹤来到它们的地盘，因此它们看到其他动物才会靠过去仔细打量，看看对方是不是来抢地盘的。”然而，在岛上出现了掠食者之后，鹭鹤的世界已然改变。它们和其他古老的动物都必须面对一个事实：它们的好日子已经快要结束了。

我们很可能会认为这些鸟只是人类“进步”过程中不可避免的牺牲品，就算灭绝也没有什么大不了的。但正如一位在哥斯达黎加的农场和丛林里做研究的科学家所言：“一个生态体系里如果只有像麻雀那样的鸟，那就像是你把所有资金都投入科技股一样。”当科技股泡沫化的时候，你就会赔得很惨。

此刻，山顶的薄暮里出现了一种由内向外漫射的光线，使得这层雾仿佛透着光。突然间，我听到附近传来奇怪的嘶嘶声，接着便看到3只火鸡从雾中冲了出来，像小恐龙一般，迈着它们那长长的腿冲过我前方的高大草丛，不久便神秘地消失在雾气中。不久前，有一群科学家比对了各种鸟的基因组，结果发现，在所有的鸟类当中，火鸡的基因最接近恐龙（它的祖先），这是因为自从有羽毛的恐龙出现以来，火鸡的染色体所产生的变异最少。看着那些火鸡无声无息地穿越草丛的模样，我相信这应该是真的。

近100年来，美国的火鸡险些沦为人们餐盘中的食物。阿瑟·克利夫兰·本特[23]在20世纪30年代所写的一篇文章中表示，那些少数幸存的火鸡后来变得非常精明狡诈。他甚至举出了J.M.惠顿博士在1882年所提到的一个例子：“它们仿佛知道，在被人看见的时候，为了安全起见，它们必须隐藏自己的身份。因此，当对方还没有动[262]作或它们知道自己已经无路可逃的时候，它们会装出一副无所谓的样子，看起来就像家养火鸡那样。我曾听说有些火鸡在看到一队人马经过时，仍然面不改色，安安静静地蹲在一道篱笆上。还有一次，有两个猎人看到了一群火鸡（总共5只），但它们故意在他们面前慢慢地走，接着又飞上一道篱笆，并从容地越过一座低矮的山丘，让那些猎人一时之间搞不清楚它们究竟是不是野生火鸡。然而，当它们离开猎人的视线之后，它们立刻就拔腿飞奔，并且凌空而起，不久后就到了山的另一头。这时，那些猎人才知道自己被耍了，但已经追悔莫及。”

所幸，火鸡的数量已经逐渐增加。现在，除了阿拉斯加外，美国各州都可以看到许多火鸡。它们喜欢住在山坡上的橡树林和山毛榉林中，并且像鹭鹤一样在地面上觅食。在人们眼中，它们也和鹭鹤一样笨（尽管惠顿博士举了上面这个例子）。不过，即使是笨鸟，也有它们的重要性。奥尔多·利奥波德在谈及美的要素时就曾提醒我们：“秋天时，北方森林的典型风景便是一片大地、一株红枫，外加一只火

鸡。从传统物理学的角度来看，火鸡只占了1英亩土地的质量或能量的百万分之一，但少了那只火鸡，整个风景就毫无生气可言。”

地球过去虽然已经损失了许多物种，但未来也可能产生新的物种。有证据显示，在6600万年前导致恐龙消失的那次大灭绝事件之后，鸣禽、鹦鹉、鸽子和其他鸟种一度出现爆炸性增长。从广大的时间尺度——即深时来看，所谓的“第六次大灭绝”可能也会导致同样的现象。但对大多数人而言，最重要的时间尺度乃是人的一生。因此，即使我们知道大自然在几百万年后可能会恢复从前的模样，也不见得会因此而感到安慰。更何况，就算未来鸟类在演化之后有可能衍生出1万多个物种，也不见得能完全延续现有的物种。根据勒菲弗的看法，到时其中可能有一半是源自鸦属鸟类。他表示：“这样的现象可能不是人们所乐见的，因为在大家的心目中，乌鸦其貌不扬，脾气又坏。但谁知道呢？或许在200万年之后，它们会变得色彩艳丽，而且歌声美妙。”[263]这话虽然没错，但我们当中有谁能活到那个时候呢？更何况，如果到时所有的鸟类都是像麻雀那样，照着人类的游戏规则过活，我们会接受吗？还是说我们要努力设法让鸟类的世界尽可能维持多样化的面貌，无论它们的脑子是大是小、是新种还是旧种、是挑剔讲究还是来者不拒？

爱因斯坦曾经在他的文章中写道：“身为人类，我们的聪明才智仅仅足以让我们看清，在面对宇宙万物的存在时，我们的知识与智能是多么不足。”

聪明的鸟类是否具有任何优势？它们的聪明才智能否提高它们的适存度？为什么？在什么样的情况下可以？聪明的鸟类能否更多地繁殖下一代？这些都是科学家们目前仍试图解答的问题。说来也奇怪，这方面的证据极为稀少。“要实际衡量动物的某种特质——不管是哪一种——在提高它的适存度上具有多大的效益，从来不是一件简单的事。”休·希利在在论文中指出。许多鸟类学家都想了解鸟类的认知能力和它们的适存度之间有何关联。但根据索尔的说法，这件事有很高的难度，因为某一种特质（如灵活变通的行为）的适存度效益，可能只有在某些特定的情况（如食物很稀少的年头）才看得出来。在大环境很好的时候，挑剔的鸟类可能会活得更好。（这有点像是加拉帕戈斯群岛的燕雀的情况。在某些年头，喙较大的鸟更能适应环境，但在其他年头，喙较小的鸟类比较吃得开。）

总而言之，凡事有得必有失。丹尼尔·索尔手上的一些数据显示，繁殖能力与存活率不可兼得。大致上来说，脑子较小的鸟类（寿命往往也比较短）生出的后代较多，脑子较大的鸟类（它们通常寿命较长）生出的后代较少，但后者的存活率往往较高。这是二者权衡的问

题。“脑子较大的鸟类生长的步调较慢，它们把较多的能量用于存活，而非繁殖。”索尔解释，“生长步调较慢的物种因为繁殖期较长，因此生产率会提高，但绝不可能像那些生长迅速的物种那么高。因为后者把大部分能量都用来繁殖，而非存活。”但他又说到了另一方面：“在大环[264]境良好的时候，快速生长的策略能使族群的数量急剧增加。但在环境不好时，这种做法就有风险。在年头时好时坏时，采取慢速生长的策略可能较为有利，尤其是在鸟类具有足够的认知能力去适应环境，以便在坏年头还得以存活的情况下。”换句话说，“这两种策略（快速发育和慢速发育）多少都有一些好处，要视环境的状况而定”。

那同一个种的鸟类呢？聪明灵巧的个体能否繁衍较多的后代？在这方面，学界研究的结果并不一致。有一群科学家针对瑞典哥得兰岛的野生大山雀所做的一项研究显示：能够快速解决问题（拉动一根线，把通往巢箱的一扇活板门打开）的大山雀，其幼鸟的存活率比无法解决问题的大山雀更高。它们生产和孵化的蛋较多，能够长大的雏鸟数量也较多。

但牛津大学的埃拉·科尔和她的团队在研究怀特姆森林的大山雀繁殖行为时发现，事情可能没有这么简单。那些“比较聪明”的鸟（它们能够很快地把喂食器中的一根棒子拉出来，以便吃到里面的饲料）产的蛋比较多，觅食方式比较有效率，但它们也容易弃巢而去，让一切努力都付诸流水。科尔等人指出，在野外，善于解决问题的大山雀所繁殖出的后代似乎并不比不善于解决问题的大山雀多。它们善于利用环境中的资源，因此产的蛋往往较多，但它们在看到掠食者时，却容易受到惊吓，从而弃巢。（北美白眉山雀的情况也是如此。住在高海拔地区、比较聪明的北美白眉山雀，也比那些住在低海拔地区的同类更容易弃巢而去。）

不过，这当中仍有一些因素尚待厘清。诚如科尔等人在他们的论文中所言，这种大山雀之所以弃巢，有可能是因为实验人员在雏鸟还太小的时候，就试着为它们套上脚环。对此，内尔吉·布格特提出疑问：“如此说来，那些善于解决问题的大山雀，是否只是因为对这种人为的干扰比较敏感，才会更容易弃巢而去？”他指出：“如果我们能够测试这些善于解决问题的大山雀是否对真正的掠食者也比较敏感，那[265]将会是一件很有意思的事。”在排除了实验人员干预的因素后，研究结果是否会显示解决问题的能力确实和繁殖成功率有正相关？这个问题仍有待确定。由此可见，这类研究是多么具有挑战性，要澄清所有变量又是多么困难。

无论如何，动物并非只要有一个聪明的头脑就能无往不利。无论

哪一种特质都有利有弊，甚至包括快速学习的能力在内。胆子大、遇到问题能够迅速采取行动的鸟类因为速度太快，做事可能就无法那么精准。举例来说，西蒙·迪卡泰在巴巴多斯岛所做的研究中发现，同样是辉拟八哥，有些个体能够迅速解决问题，有些个体的速度就比较慢。但前者在反转学习（就是巴巴多斯牛雀所做的那种）这类测试上表现得就不大好。索尔的解释是：“胆子较大的鸟儿往往探索的速度较快，但不那么深入；探索速度较慢的鸟儿会得到比较多的信息，并用它来采取更灵活的行动。”为什么同一族群里这两个类型都有呢？迪卡泰猜想：“这或许是因为不同的类型在不同的年头、不同的环境中各有优势。”这或许可以说明为什么鸟类的认知能力高下有别，以及为什么一个族群里有不同类型的成员是件好事。

浓雾逐渐散去，我开始能够看清山谷另一边绵延起伏的蓝岭山脉了。隔着雾气，那些山岭看起来略微泛紫。附近的树丛中传来阵阵山雀高亢的叫声。我四处漫步时，看到一只鸟栖息在一株松树上，不停地叫着，或许它正在打量我。这让我想到，鸟类体形虽小，却天赋非凡，我们委实应该敞开心胸，努力探究它们的心智之谜，并将这些美妙[266]的谜题放在脑海中时时思考，以提醒自己，我们所知何其有限。

致谢

对本书给予帮助的诸位，本人感激不尽。

本书的形成，有赖于诸多科研工作者在鸟类和大脑相关领域的辛勤研究，在此谨将他们的名字列出，以表感激之情。

以下鸟类学家、生物学家、心理学家，以及动物行为学家，皆在百忙之中尽其所知对我的研究工作慷慨相助，本人不胜感激。麦吉尔大学的路易斯·勒菲弗向我开放了他在巴巴多斯岛的贝勒尔研究中心。接下来几天，我得以徜徉在鸟类认知的世界。勒菲弗向我详细解释他的研究工作，让我对该领域的整体发展有了深入了解，而且他以耐心、生动而幽默的方式回答了我的许多疑问。他也通读了本书的初稿，提出许多有用的评论和建议。我在贝勒尔研究中心逗留期间，利马·卡耶罗、让尼古拉·奥代，以及西蒙·迪卡泰都毫无保留地向我介绍他们的工作，并提供见解。

我造访新喀里多尼亚的时候，奥克兰大学的亚历克斯·泰勒花了大量时间，细致而深入地向我介绍了他在乌鸦研究工作中的方方面面，并且在鸟类认知领域提供了他的专业见解。埃尔莎·卢瓦泽尔和我一同游览了当地的大型蕨类植物公园，其间我们的对话交流很有启发意义。此外，她还提供了我们此前看到的鹭鹤的精美照片、新喀里多尼亚岛的地形图，以及新喀鸦的照片。

以下诸位皆在百忙之中抽身同我交流，提供参考，并且反复阅读了书中和他们工作有关的部分章节，他们是牛津大学的露西·阿普林，马里兰大学的杰拉尔德·博尔贾，澳大利亚迪金大学的约翰·恩德勒，爱丁堡大学的家斯蒂芬·布鲁萨特，美国地质调查局的乔恩·哈格斯特鲁姆，贝尔法斯特女王大学的理查德·霍兰，奥克兰大学的加文·亨特，杜克大学的埃里希·贾维斯，密歇根州立大学的贾森·基吉，内华达大学的弗拉迪米尔·普拉沃苏多夫，西澳大利亚大学的阿曼达·里德利，西班牙生态学与林学应用研究中心的丹尼尔·索尔。

奥克兰大学的罗素·格雷慷慨分享了精彩的奈梅亨系列讲座视频，这些讲座是2014年他在马普语言心理学研究所所做的。

我还要感谢圣安德鲁斯大学的内尔吉·布格特为我仔细勘阅书稿，

甚至对部分篇章几经斟酌，以求更好。她的科学造诣和编辑水平让我获益匪浅。

其他来自全球各地的科学家审阅了部分书稿，就科学观点上的纰漏提出了一些修改意见，免得让我的书稿贻笑大方。这些科学家是：

美国：哈佛大学的阿克哈特·阿布扎诺夫，华盛顿大学的卡洛斯·博特罗，加州大学欧文分校的南希·伯利，密西西比大学的莱尼·戴，内布拉斯加州立大学的朱迪·戴蒙德，康奈尔大学的本·弗里曼，斯坦福大学的卢克·弗里希科夫，加州大学圣地亚哥分校的蒂姆·金特纳，惠特曼学院的沃尔特·赫布兰森，加州大学伯克利分校的露西娅·雅各布，内布拉斯加州立大学的艾伦·卡米尔，印第安纳大学的马西·金斯伯里，芝加哥大学的家萨拉·伦敦，南佛罗里达大学坦帕分校的林恩·马丁，华盛顿大学的约翰·马兹洛夫，麻省理工学院的宫川茂，杜克大学的理查德·穆尼，加州大学戴维斯分校的盖尔·帕特里切利，哈佛大学的家艾琳·佩珀伯格，威斯康星大学的劳伦·赖特斯，新墨西哥大学的莱恩农·韦斯特。

英国：剑桥大学的妮古拉·克莱顿，圣安德鲁斯大学的休·希利，贝尔法斯特女王大学的理查德·霍兰，剑桥大学的劳拉·凯利，剑桥大学的列尔卡·奥斯托伊奇，圣安德鲁斯大学的克里斯琴·鲁茨，伦敦帝国理工学院的默里·沙纳汉，圣安德鲁斯大学的克里斯·坦普尔顿。

欧洲大陆：维也纳大学的阿莉塞·奥尔施佩格，乌得勒支大学的约翰·包休斯，德国格雷弗尔芬的珍妮·霍尔茨海德，奥尔登堡大学的亨里克·莫里特森，图宾根大学的安德烈亚斯·尼德，马普学会鸟类学研究所的尼尔斯·拉腾伯格，维也纳大学的萨拜因·特比希。

澳大利亚和新西兰：奥克兰大学的罗素·格雷、加文·亨特和亚历克斯·泰勒，麦夸里大学的特雷莎·伊格莱西亚斯。

其他地区：加拿大蒙特利尔大学的洛尔·科沙尔，巴西里约热内卢联邦大学的苏珊娜·埃尔库拉诺—乌泽尔，东京大学的冈之谷一夫，庆应大学的渡边茂。

以上专家的评论和批评让我的写作得以避免许多错误。如果书中还有纰漏，显然这些问题应完全由我来承担。

许多朋友和同事对我的工作很热心，这让我备受鼓舞。卡琳·本德尔曾经告诉她的朋友一只叫作思罗克莫顿的非洲灰鹦鹉的故事，我偶然得知这件事以后，卡琳毫无保留地向我讲述了她和思罗克莫顿，以

及另外一只叫作伊萨博的鸡尾鹦鹉的点点滴滴。巴里·波洛克也是如此，讲述了她和灰鹦鹉阿尔菲的故事。朱凯莱·曼厄姆和乔伊·曼厄姆夫妇在他们的绵羊农场和我共度一个下午的美好时光，陪伴我的还有乔伊的灰胸鹦哥（*Myiopsitta monachus*）卢克，它很自觉地站在我的肩膀上，不时地在我耳边轻吟：“悄悄话，悄悄话，悄悄话。”

丹尼尔·比克是一位很有才华的教师兼鸟类学家，多次带领我和我的鸟类学专业的学生到野外观鸟（本书收录了其中的部分行程），并且很专业地带我欣赏鸟类鸣唱。比克也带着他观察鸟类的精准眼光通读了我的初稿。戴维·怀特是一位很有经验的观鸟人，以充满幽默而不失专业性的方式与我分享了他的观鸟故事。

我的好朋友米丽亚姆·尼尔森参与了我此前写的许多书，有时是以同事或合著者的身份，但更多的时候完全是出于友情而慷慨相助。她阅读了本书的初稿，提了很多宝贵的意见。还有不少朋友鼓励我，为我提供各种想法（有的还提供了相关的鸟类视频），这方面尤其要感谢苏姗·巴齐克、罗斯·凯西、桑德拉·库什曼和斯蒂芬·库什曼、劳拉·德拉诺（她分享了迎风开屏的孔雀的故事）、莉兹·登顿、马克·埃德蒙森、多里特·格林、沙伦·霍根、唐娜·卢西、德布拉·尼斯特伦、丹·奥尼尔、迈尔克·罗德梅尔、约翰·罗利特、南希·墨菲—斯派塞、戴维·埃迪·斯派塞、亨利·温斯克、安德鲁·温德姆。我由衷地感谢他们的帮助，当然还包括我的仁爱宽厚的父亲和继母——比尔·戈勒姆和盖尔·戈勒姆，以及我挚爱的姐妹们——萨拉·戈勒姆、南希·海曼以及金·安巴格，她们对我的工作很感兴趣，也热心地支持我。我还要提及我的两个聪明可爱的女儿——佐薇和内尔，因为她们一如既往地给予我爱和鼓励，当然也因为她俩吵着让我在办公室里养鸟：“在这儿养几只鸟吧！”

20年来，我很荣幸能够和我的代理人梅拉妮·杰克逊共共事。要是没有她的热情、知识和敏锐的判断力，很难想象我能够完成一本著作。我也很庆幸能有编辑安·戈多弗支持我的写作，十分感谢她的编辑眼光以及有力支援。我还要感谢索菲娅·格鲁普曼和凯西·拉施为本书的出版保驾护航，感谢约翰·伯戈因提供精美的插图、埃尼克·努格罗霍设计漂亮的西丛鸦封面，以及加布里埃尔·威尔逊设计精美的护封。

最后，我要由衷地感谢我的挚爱卡尔，多年来他一直在我身边鼓励我，和我共同面对工作、生活中的诸多困难和挑战，没有他的鼓励、智慧、耐心、支持、陪伴、想法、幽默和爱，这一切都不会存在。

注释

（注释前的数字为原文页码，见文中纯数字上标）

引言 鸟类的天赋

2 **20**世纪**80**年代初：以下关于亚历克斯的资料来自I.M.Pepperberg,*The Alex Studies*(Cambridge,MA:Harvard University Press,1999);I.M.Pepperberg,“Evidence for numerical competence in an African grey parrot(*Psittacus erithacus*),” *J Comp Psych* 108(1994):36—44;I.M.Pepperberg,“Ordinality and inferential abilities of a grey parrot(*Psittacus erithacus*),” *J Comp Psych* 120,no.3(2006):205—216;I.M.Pepperberg and S.Carey,“Grey parrot number acquisition:The inference of cardinal value from ordinal position on the numeral list,” *Cognition* 125(2012):219—232.

2 在亚历克斯出现之前，我们几乎认为：一只叫作瓦肖的黑猩猩能够理解很多单词，但不会说话——尽管它已经明白了大约130个标签的含义。

3 **20**世纪**90**年代：G.R.Hunt,“Manufacture and use of hook-tools by New Caledonian crows,” *Nature* 379(1996):249—251;G.R.Hunt and R.D.Gray,“Species-wide manufacture of stick-type tools by New Caledonian crows,” *Emu* 102(2002):349—353;G.R.Hunt and R.D.Gray,“Diversification and cumulative evolution in tool manufacture by New Caledonian crows,” *Proc R Soc B* 270(2003):867—874.

3 “你能获取……食物吗？”：A.A.S.Weir et al,“Shaping of hooks in New Caledonian crows,” *Science* 297,no.5583(2002):981.

4 而一些鸟类的大脑：S.Olkowicz et al,“Complex brains for complex cognition—neuronal scaling rules for bird brains”（2014

年11月15日至19日在华盛顿特区举行的神经科学学会年会上的壁报论文）；苏珊娜·埃尔库拉诺—乌泽尔，私人通信，2015年1月14日。

4 如同人类大脑：L.Rogers,“Lateralisation in the avian brain,” *Bird Behav* 2(1980):1—12.

4 喜鹊能认出：H.Prior et al,“Mirror-induced behavior in the magpie(*Pica pica*):Evidence of self-recognition,” *PLoS Biol* 6,no.8(2008):e202,doi:10.1371/journal.pbio.0060202.

4 西丛鸦会穷尽手段：U.Grodzinski et al,“Peep to pilfer:What scrub-jays like to watch when observing others,” *Anim Behav* 83(2012):1253—1260.

4 这些鸟似乎有着：N.S.Clayton et al,“Social cognition by food-caching corvids:The western scrub-jay as a natural psychologist,” *Phil Trans Roy SocB:Biol Sci* 362,no.1480(2007):507—522.

4 它们还能够记住：N.S.Clayton and A.Dickinson,“Episodic-like memory during cache recovery by scrub jays,” *Nature* 395(1998):272—274;N.S.Clayton et al,“Episodic memory,” *Curr Biol* 17,no.6(2007):189—191.

4 这种回想起过去事物的能力：L.Cheke and N.S.Clayton,“Mental time travel in animals,” *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci* 1,no.6(2010):915—930.4 新的研究表明：R.O.Prum,“Coevolutionary aesthetics in human and biotic artworlds,” *Biol Phil* 28,no.5(2013):811—832.

4 **2015**年，研究人员发现：R.Rugani et al“Number-space mapping in the newborn chick resembles humans’mental number line,” *Science* 347,no.6221(2015):534—536.

5 幼鸟能理解：R.Rugani et al,“The use of proportion by young domestic chicks,” *Anim Cogn* 13,no.3(2015):605—616;R.Rugani et

al,“Is it only humans that count from left to right?” *Biol Lett*(2010),doi:10.1098/rsbl.2009.0960.

5 它们也能做简单的算术题：R.Rugani,“Arithmetic in newborn chicks,” *Proc R Soc B*(2009),doi:10.1098/rspb.2009.0044.

5 “人早就精疲力竭了”：L.Halle,*Spring in Washington* (Baltimore:Johns Hopkins University Press,1988),182.

7 例如……一只黑嘴美洲鹃：鸟类学家丹比克的观察记录。

8 “能够从经验中学习”：语出W.F.迪尔伯恩，转引自R.J.Sternberg, *Handbook of Intelligence*(Cambridge:Cambridge University Press,2000),

8 “能够习得能力的能力”：语出H.伍德罗，转引自R.J.Sternberg, *Handbook ofIntelligence*(Cambridge:Cambridge University Press,2000),8。

8 “智力是智力测试的结果”：E.G.Boring,“Intelligence as the tests test it,” *New Republic* 35(1923):35—37.

8 “多少种关于智力的定义”：R.J.Sternberg,“People’s conceptions of intelligence,” *J Pers Soc Psych* 41,no.1(1981):37—55.

8 作为一个纲，鸟类：我指的是鸟纲（ *Aves* ），即鸟类“冠群”（“crown group”），其中包括现生鸟类以及它们最近的共同祖先的后代。长着羽毛和翅膀的动物已经存在了1.5亿年以上。 E.D.Jarvis et al,“Wholegenome analyses resolve early branches in the tree of life of modern birds,” *Science* 346,no.6215(2014):1320—1331;S.Brusatte et al,“Gradual assembly of avianbody plan culminated in rapid rates of evolution across the dinosaur-bird transition,” *Curr Biol* 24,no.20(2014):2386—2392.

8 20世纪90年代：K.J.Gaston and T.M.Blackburn,“How many birds are there?” *Biodivers Conserv* 6,no.4(1997):615—625.

9 比如我们引以为傲的洞察力：索普把“洞察力”定义为“突然产生的一种新的适应性反应，该反应并非通过试错行为得到，也不是通过适应性的突发经验重组来解决问题”。W.H.Thorpe,*Learning and Instinct in Animals*(London:Methuen ＆ Co.Ltd,1964),110.

10 有科学家把这些基础特征：A.Taylor,“Corvid cognition,” *WIREs Cogn Sci*(2014),doi:10.1002/wcs.1286；亚历克斯·泰勒，私人通信，2014年5月；R.Gray,“The evolution of cognition without miracles”(Nijmegen Lectures,January 27—29,2014),视频详见http://www.mpi.nl/events/nijmegen-lectures2014/lecture-videos

10 晚近时期，“天赋”一词：1901年由英国小说家阿梅莉亚·巴尔在她的文章《一位成功的小说家：年逾五十的声名》（“A successful novelist:Fameafter fifty”）中定义，收录于O.Swett Marden,*How They Succeeded:Life Stories of Successful Men Told by Themselves*(Boston:Lothrop Publishing Company,1901),311。

11 最经典的例子：J.B.Fisher and R.A.Hinde,“The opening of milk bottles by birds,” *Br Birds* 42(1949):347—357;L.M.Aplin et al,“Milk-bottles revisited:Social learning and individual variation in the blue tit(*Cyanistes caeruleus*),” *Anim Behav* 85(2013):1225—1232.

12 为了适应滤食性进食的需求：约翰·恩德勒，私人通信，2015年2月3日。

12 “我们反复在”：出处同上。

12 “与人类语言最接近的存在”：C.Darwin,*The Descent of Man*(London:John Murray,1871),59.

12 200位科学家：A.R.Pfenning et al,“Convergent transcriptional specializations in the brains of humans and song-learning birds,” *Science* 346,no.6215(2014):1256846.

14 奥杜邦网最近的一项调查表明：http://climate.audubon.org/article/audubon-report-glance17.

17 天才新喀鸦：https://www.youtube.com/watch?v=AVaITA7eBZE# t=51.

17 这个谜题由……亚历克斯·泰勒设置：该谜题是由一个关于元工具使用的三步谜题实验延伸而来。A.H.Taylor et al,“Spontaneous metatool use by New Caledonian crows,” *Curr Biol* 17,no.17(2007):1504—1507.

18 自发使用工具获取工具：出处同上。

18 “这预示着乌鸦”：亚历克斯·泰勒，私人通信，2015年1月7日。

20 为了探究这些问题：L.Lefebvre,“Feeding innovations and forebrain size in birds”(AAAS presentation,February 21,2005,part of the symposium“Mind,Brain and Behavior”).所有关于路易斯·菲弗的信息和引述源自2012年2月26日至3月1日在巴巴多斯岛霍尔敦的采访。

21 “鸟类贫瘠地区”：P.A.Buckley et al,*The Birds of Barbados*,British Ornithologists’ Union,Checklist Number 24(2009),58.

21 这是由岛上特殊的地理环境导致的：P.A.Buckley and F.G.Buckley,“Rapid speciation by a Lesser Antillean endemic,Barbados bullfinch,*Loxigilla barbadensis*,” *Bull BOC* 124,no.2(2004):108—123.

22 对于辉拟八哥而言：J.Morand-Ferron et al,“Dunking behavior in Carib grackles,” *Anim Behav* 68(2004):1267—1274.

22 “这里面涉及……损益比”：J.Morand-Ferron and L.Lefebvre,“Flexible expression of a food-processing behavior:Determinants of dunking rates in wild Carib grackles of

Barbados," *Behav Process* 76(2007):218—221.

23 达尔文在《人类的由来》中：C.Darwin,*The Descent ofMan*.

23 对达尔文而言：C.Darwin,*The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms*(London:John Murray,1883),93.

23 "这类人企图"：F.B.M.de Waal,"Are we in anthropodenial?" *Discover* 18,no.7(1997):50—53.正如德瓦尔所指出的那样，对于拟人论的担忧在非西方文化地区并不是一个问题，因为这些地区对人类和其他生物的区分并不那么绝对。参见F.B.M.de Waal,"Silent invasion:Imanishi's primatology and cultural bias in science," *Anim Cogn* 6(2003):293—299。

23 "动物认知"的定义：S.J.Shettleworth,*Cognition,Evolution,and Behavior*,2nd ed.(New York:Oxford University Press,2010),23.

24 这种看法：R.Samuels,"Massively modular minds:Evolutionary psychology and cognitive architecture," in *Evolution and the Human Mind:Modularity,Language and Meta-Cognition*,ed.P.Carruthers and A.Chamberlain(Cambridge:Cambridge University Press,2000),13—46;S.J.Shettleworth,*Cognition,Evolution and Behavior*,23.

24 但是勒菲弗主张：S.M.Reader et al,"The evolution of primate general and cultural intelligence," *Philos Trans R Soc Lond B* 366(2011):1017—1027;L.Lefebvre,"Brains,innovations,tools and cultural transmission in birds,nonhuman primates,and fossil hominins," *Front Hum Neurosci* 7(2013):245.

24 在"多元智能"理论中：H.Gardner,"Reflections on multiple intelligences:Myths and messages," *Phi Delta Kappan* 77,no.3(1995):200—209.

25 52个研究人员组成一个专家团：

L.S.Gottfredson,“Mainstream science on intelligence:An editorial with 52 signatories,history,and bibliography,” *Intelligence* 24,no.1(1997):13—23;参见 I.J.Deary et al,“The neuroscience of human intelligence differences,” *Nat Rev Neuro* 11(2010):201—211。

27 “在演化过程中产生这样的变化”：这种变化也可能和以下事实有关：与其他岛上颜色更鲜艳的近亲相比，巴巴多斯牛雀的雄鸟在照顾后代方面投入得更多。该事实来自勒菲弗及其同事的一篇新论文：“双亲都分担哺育职责（包括筑巢）的鸟类，大都是两性同色……和小安德牛雀不同，巴巴多斯牛雀雄鸟筑巢时会分担更多责任，筑巢完毕后和哺育幼鸟期间会在鸟巢四周停留更长时间，会更频繁地向雏鸟喂食，在巢附近时也更具攻击性……因此哺育机制可能是这类鸟种失去两性异型特征的重要因素之一。”参见 J.L.Audet et al,“Morphological and molecular sexing of the monochromatic Barbados bullfinch,*Loxigilla barbadensis*,” *Zool Sci* 10,no.31(2014):687—691。

28 在……**30**只巴巴多斯牛雀中：L.Kayello,“Opportunism and cognition in birds”(master’s thesis,McGill University,2013),55—67.

29 一个对比实验：S.E.Overington et al,“Innovative foraging behaviour in birds:What characterizes an innovator?” *Behav Process* 87(2011):274—285.

29 “它们在空中盘旋，一会儿”：E.Selous,*Bird Life Glimpses*(London:G.Allen,1905),141.

29 “它们肯定是全体同步思考”：E.Selous,*Thought-Transference(or What?) in Birds*(New York:Richard R.Smith,1931).

30 后来，人们发现鸟类：I.D.Couzin and J.Krause,“Self-organization and collective behavior in vertebrates,” *Adv Stud Behav* 32(2003):1—75;I.Couzin,“Collective minds,” *Nature* 445(2007):715;C.K.Hemelrijk et al,“What underlies waves of agitation in starling flocks,” *Behav Ecol Sociobiol*(2015),doi:10.1007/s00265-0151891-3.

30 每一只鸟都和……互动：I.Lebar Bajec and F.H.Heppner,“Organizedflight in birds,” *Anim Behav* 78,no.4(2009):777—789;M.Ballerini et al,“Interaction ruling animal collective behavior depends on topological rather than metric distance:Evidence from a field study,” *PNAS* 105,no.4(2008):1232—1237;A.Attanasi et al,“Information transfer and behavioural inertia in starling flocks,” *Nat Phys* 10(2014):691—696.

31 “很遗憾……是非常困难的”：内尔吉·布格特，私人通信，2015年4月3日。

32 这样的方法：H.Kummer and J.Goodall,“Conditions of innovative behaviour in primates,” *Philos Trans R Soc Lond B* 308(1985):203—214.

33 勒菲弗……收获发表在：L.Lefebvre and D.Spahn,“Gray kingbird predation on small fish(*Poecillia spp*) crossing a sandbar,” *Wilson Bull* 99(1987):291—292.

34 在冰上钻了几个洞：T.G.Grubb and R.G.Lopez,“Ice fishing by wintering bald eagles in Arizona,” *Wilson Bull*(1997):546—548.

34 收集了这些报道后：L.Lefebvre et al,“Feeding innovations and forebrain size in birds,” *Anim Behav* 53(1997):549—560.

34 什么鸟类最聪明：L.Lefebvre,“Feeding innovations and forebrain size in birds”(AAAS presentation,February 21,2005,part of the symposium“Mind,Brain and Behavior”).

34 就大部分案例而言……一定的关联：L.Lefebvre et al,“Feeding innovations and forebrain size in birds,” *Anim Behav* 53(1997):549—560;S.Timmermans et al,“Relative size of the hyperstriatum ventrale is the best predictor of innovation rate inbirds,” *Brain Behav Evol* 56(2000):196—203.

35 “以小滨鹬为例”：路易斯·勒菲弗，私人通信，2015年1月13

日。

35 蜜蜂的脑袋：R.Menzel et al,“Honey bees navigate according to a maplike spatial memory,” *PNAS* 102,no.8(2005):3040—3045;M.Marine Battesti et al,“Spread of social information and dynamics of social transmission within drosophila groups,” *Curr Biol* 22(2012),309—313,doi:10.1016/j.cub.2011.12.050.

36 脑袋大小和体形的比率：参见 D.M.Alba,“Cognitive inferences in fossil apes(Primates,Hominoidea):Does encephalization reflect intelligence?” *J Anthropol Soc* 88(2010):11—48;R.O.Deaner et al,“Overall brain size,and not encephalization quotient,best predicts ability across non-human primates,” *Brain Behav Evol* 70(2007):115—124。

36 “听着，如果你想要了解”：埃里克·坎德尔的逸闻转引自C.Dreifus,“A Quest to Understand How Memory Works:A Conversation with Eric Kandel,” *New York Times*,Science Times,March 6,2012。

第二章 鸟有鸟法

39 “我曾经见过一只山雀”：E.H.Forbush,*Useful Birds and Their Protection*(Aurora,CO:Bibliographical Research Center,2010;originally published in 1913),195.

40 “鸟类杰作”：E.H.Forbush,*Natural History of the Birds ofEastern and Central North America*(Boston:Houghton Mifflin,1955),347.

40 最近……尖细的哨声：T.M.Freeberg and J.R.Lucas,“Receivers respond differently to chick-a-dee calls varying in note composition in Carolina chickadees,*Poecile carolinensis*,” *Anim Behav* 63(2002):837—845.

40 克里斯·坦普尔顿和他的同事发现：C.Templeton et

al,“Allometry of alarm calls:Black-capped chickadees encode information about predator size,” *Science* 308(2005):1934—1937.

40 “根深蒂固的自信”：爱德华·福布什的原话：E.H.Forbush,*Natural History of the Birds ofEastern and Central North America*,347。

41 有一次，坦普尔顿看到：克里斯·坦普尔顿，私人通信，2015年2月12日。

41 坦普尔顿发现：C.N.Templeton,“Black-capped chickadees select spotted knapweed seedheads with high densities of gall fly larvae,” *Condor* 113,no.2(2011):395—399.

41 它们会把种子和其他食物藏在：T.C.Roth et al,“Evidence for long-term spatial memory in a parid,” *Anim Cogn* 15,no.2(2011):149—154.

42 山雀体重约为：L.S.Phillmore et al,“Annual cycle of the black-capped chickadee:Seasonality of singing rates and vocal-control brain regions,” *J Neurobiol* 66,no.9(2006):1002—1010.

42 鸟类的大脑各不相同：A.N.Iwaniuk and J.E.Nelson,“Can endocranial volume be used as an estimate of brain size in birds?” *Can J Zool* 80(2002):16—23.

42 和小型猿猴……的大脑差不多大：N.E.Emery and N.S.Clayton,“The mentality of crows:Convergent evolution of intelligence in corvids and apes,” *Science* 306,no.5703(2004):1903—1907.

42 它的大脑是……2倍大小：路易斯·勒菲弗，私人通信，2015年1月13日。

43 山雀才能在……时间内转向：C.H.Greenewalt,“The flight of the blackcapped chickadee and the white-breasted nuthatch,”

Auk 72,no.1(1955):1—5.

43 神经元虽然较小：S.B.Laughlin et al,“The metabolic cost of neural information,” *Nat Neurosci* 1,no.1(1998):36—41.

43 “鸟类的飞行能力……但讽刺的是”：P.Matthiessen,*The Wind Birds*(New York:Viking,1973),45.

43 诸如雀科的小型鸟类：R.L.Nudds and D.M.Bryant,“The energetic cost of short flights in birds,” *J Exp Biol* 203(2000):1561—1572.

43 （相较而言，鸭子之类的水鸟在游泳时）：P.J.Butler,“Energetic costs of surface swimming and diving of birds,” *Physiol Biochem Zool* 73,no.6(2000):699—705.

43 为了满足飞行的需要：关于鸟类解剖学和生理学的一般信息来自F.B.Gill,*Ornithology*(New York:Freeman,2007),141—173。

43 只有位于必要部位的骨骼……才比较密实：E.R.Dumon,“Bone density and the lightweight skeletons of birds,” *Proc R Soc B* 277(2010):2193—2198.

43 （往下拍打翅膀的力道大得）：D.Lentink et al,“In vivo recording of aerodynamic force with an aerodynamic force platform:From drones to birds,” *J Roy Soc Interface*(2015),doi:10.1098/rsif.2014.1283.

43 生物学家在检测：G.Zhang et al,“Comparative genomics reveals insights into avian genome evolution and adaptation,” *Science* 346,no.6215(2014),1311—1319.

43 这样矛盾的现象有时：R.C.Murphy,*Oceanic Birds ofSouth America*(New York:Macmillan,1936).

43 在演化的过程中：P.R.Ehrlich et al,“Adaptations for Flight,” 1988,https://web.stanford.edu/group/stanfordbirds/text/essays/Adaptations.html;F.B.Gill,*Ornithology*(New York:Freeman,2007),115—137.

44 鸟的心脏：J.C.Welty,*The Life ofBirds*(Philadelphia:Saunders,1975),112.

44 鸟类的肺部：H.R.Duncker,“The lung air sac system of birds,” *Adv Anat Emb Cell Biol* 45(1971):1—171.

44 鸟类的基因组是最少的：E.D.Jarvis et al,“Whole-genome analyses resolve early branches in the tree of life of modern birds,” *Science* 346,no.6215(2014):1320—1331;G.Zhang et al,“Comparative genomics reveals insights into avian genome evolution and adaptation,” *Science* 346,no.6215(2014):1311—1319.

44 但鸟类只有：奇怪的是，绒啄木鸟是这一规则的一个例外，它的基因里有22%的重复元素。 G.Zhang et al,“Comparative genomics reveals insights into avian genome evolution and adaptation,” *Science* 346,no.6215(2014):1311—1319.

44 赫胥黎的外号是“达尔文的斗牛犬”：语出H.G.威尔斯，转引自 John Carey,*Eyewitness to Science*(Cambridge,MA:Harvard University Press,1995),139。

45 具有鸟类的特征：P.Dodson,“Origin of birds:the final solution?” *Amer Zool* 40,no.4(2000):504—512.

45 事实上，赫胥黎在文章中写道：T.H.Huxley,“Further evidence of the affinity between the dinosaurian reptiles and birds,” *Proc Geol Soc Lond*(1870):2612—2631.

45 古生物学家……指出：斯蒂芬·布鲁萨特，私人通信，2015年5月5日。

45 白垩纪初期：M.J.Benton et al,“The remarkable fossils from the Early Cretaceous Jehol Biota of China and how they have changed our knowledge of Mesozoic life,” *Proc Geol Assoc* 119(2008):209—228.

45 我来到……一处化石遗址：J.Ackerman,“Dinosaurs take wing:The origin of birds,” *National Geographic*(July 1998):74—99.

46 一只兽脚类的恐龙：Q.Ji et al,“Two feathered dinosaurs from northeastern China,” *Nature* 393(1998):753—761;P.J.Chen,“An exceptionally wellpreserved theropod dinosaur from the Yixian formation of China,” *Nature* 391(1998):147—152,doi:10.1038/34356;P.J.Currie and P.J.Chen,“Anatomy of *Sinosauropteryx prima* from Liaoning,northeastern China,” *Can J Earth Sci* 38(2001):1705—1727.

46 有一种长有羽毛的恐龙：英国布里斯托尔大学的迈克尔·本顿在谈论该研究时说道：“关键的驱动因素可能是恐龙开始树栖生活，这也许是为了逃避掠食者，或者是为了开辟新的食物来源。树栖生活需要较小的体形、较大的双眼（在枝杈间跳跃时可以更好地避免碰撞）和较大的脑子（以适应多种多样的林木栖息地）……”这些体质上的变化“类似于后来灵长类的演化过程，同样被认为是为了适应树栖生活”。参见 M.J.Benton,“How birds became birds,” *Science* 345,no.6196(2014):509。

46 恐龙……变成山雀：A.H.Turner,“A basal dromaeosaurid and size evolution preceding avian flight,” *Science* 317,no.5843(2007):1378—1381;M.S.Y.Lee et al,“Sustained miniaturization and anatomical innovation in the dinosaurian ancestors of birds,” *Science* 345,no.6196(2014):562—566.

46 在2亿多年前：R.B.J.Benson et al,“Rates of dinosaur body mass evolution indicate 170 million years of sustained ecological innovation on the avian stem lineage,” *PLoS Biol* 12,no.5:e1001853.doi:10.1371/journal.pbio.1001853(2014).

46 在5 000万年的时光中：M.S.Y.Lee et al,“Sustained

miniaturization and anatomical innovation in the dinosaurian ancestors of birds," *Science* 345,no.6196(2014):562—566.

47 它们为了适应环境而改变：S.Brusatte et al,"Gradual assembly of avian body plan culminated in rapid rates of evolution across the dinosaur-bird transition," *Curr Biol* 24,no.20(2014):2386—2392.

47 那些演化成鸟类的恐龙：A.Balanoff et al,"Evolutionary origins of the avian brain," *Nature* 501(2013):93—96.

47 一个国际性的科研团队：B.-A.S.Bhullar et al,"Birds have paedomorphic dinosaur skulls," *Nature* 487(2012):223—226.

47 "幼年期……在向成年过渡时"：阿克哈特·阿布扎诺夫，私人通信，2015年1月25日；转引自媒体对阿布扎诺夫在得克萨斯大学的演说的报道："Evolution of birds is result of a drastic change in how dinosaurs developed,"May 30,2012。

48 为什么巢寄生鸟类：J.R.Corfield et al,"Brain size and morphology of the brood-parasitic and cerophagous honeyguides(Aves:Piciformes)," *Brain Behav Evol*(February 2012),doi:10.1159/000348834;路易斯·勒菲弗，采访，2012年2月。

49 鸟类脑子的大小……有关：A.N.Iwaniuk and J.E.Nelson,"Developmental differences are correlated with relative brain size in birds:A comparative analysis," *Can J Zool* 81(2003):1913—1928.

50 例如斑胸滨鹬：J.A.Lesku et al,"Adaptive sleep loss in polygynous pectoral sandpipers," *Science* 337(2012):1654—1658.

50 鸟类睡眠时也像人类一样：J.A.Lesku and N.C.Rattenborg,"Avian sleep," *Curr Biol* 24,no.1(2014):R12—14.

51 研究结果还显示：M.F.Scriba et al,"Linking melanism to

brain development:Expression of a melanism-related gene in barn owl feather follicles covaries with sleep ontogeny," *Front Zool* 10(2013):42.

51 国际研究小组：J.A.Lesku et al,"Local sleep homeostasis in the avian brain:Convergence of sleep function in mammals and birds?" *Proc R Soc B* 278(2011):2419—2428.

53 人类和鸟类都有：尼尔斯·拉腾伯格，私人通信，2015年2月10日。

53 它们不用花太多精力：语出D.索尔，转引自Autonomous University of Barcelonamaterials,http://www.alphagalileo.org/ViewItem.aspx?ItemId＝74774＆CultureCode ＝en 。

53 内华达大学的弗拉迪米尔·普拉沃苏多夫：T.C.Roth and V.V.Pravosudov,"Tough times call for bigger brains," *Commun Integ Biol* 2,no.3(May 2009):236—238;V.V.Pravosudov and N.S.Clayton,"A test of the adaptivespecialization hypothesis:Population differences in caching,memory,and the hippocampus in blackcapped chickadees(*Poecile atricapilla*)," *Behav Neurosci* 116,no.4(2002):515—522.

53 出没于美国西部山脉的北美白眉山雀：C.A.Freas et al,"Elevationrelated differences in memory and the hippocampus in mountain chickadees,*Poecile gambeli*," *Anim Behav* 84,no.1(2012):121—127.

53 解决问题的能力也更强：V.V.Pravosudov,"Cognitive ecology of foodhoarding:The evolution of spatial memory and the hippocampus," *Ann Rev Ecol Evol Syst* 44(2013):18.1—18.2.

53 储存更多的种子：普拉沃苏多夫认为，对这些不同种的山雀而言，其海马体神经元的数量是由遗传决定的。"（神经元）由自然选择作用于记忆而生成，而非物种个体对变化的环境做出调整的产物。"他说。弗拉迪米尔·普拉沃苏多夫，私人通信，2015年1月23日；V.V.Pravosudov et al,"Environmental influences on spatial

memory and the hippocampus in foodcaching chickadees," *Comp Cog and Beh Rev*(in press,2015).

53 为何会出现这种"神经发生"：A.Barnea and V.V.Pravosudov,"Birds as a model to study adult neurogenesis:Bridging evolutionary,comparative and neuroethological approaches," *Eur J Neuroscience* 34(2011):884—907.

53 或许是因为这样可以：有一种理论认为，神经发生提供了一种"神经基因储备"，使大脑在需要学习新信息时保持灵活性，并且补充新的神经元。另一种理论认为，当大脑要学习新事物的时候，这些新生成的神经能够避免旧的记忆和新的记忆之间的"严重干扰"。G.Kempermann,"The neurogenic reserve hypothesis:What is adult hippocampal neurogenesis good for?" *Trends Neurosci* 31(2008):163—169;L.Wiskott et al,"A functional hypothesis for adult neurogenesis:Avoidance of catastrophic interference in the dentate gyrus," *Hippocampus* 16(2006):329—343;W.Deng et al,"New neurons and new memories:How does adult hippocampal neurogenesis affect learning and memory?" *Nat Rev Neurosci* 11(2010):339—350.

53 根据"防止干扰"的概念：C.D.Clelland et al,"A functional role for adult hippocampal neurogenesis in spatial pattern separation," *Science* 325(2009):210—213.

53 普拉沃苏多夫的研究已经证明：T.C.Roth and V.V.Pravosudov,"Tough times call for bigger brains," *Commun Integ Biol* 2,no.3(May 2009):236—238.

54 科学家们过去一直认为：S.Herculano-Houzel,"Neuronal scaling rules for primate brains:The primate advantage," *Prog Brain Res* 195(2012):325—340.

54 **2014**年时，他们：S.Olkowicz et al,"Complex brains for complex cognition—neuronal scaling rules for bird brains"（2014年11月15日至19日在华盛顿特区举行的神经科学学会年会上的壁报论

文）。

54 鸟类的脑子虽小：苏珊娜·埃尔库拉诺—乌泽尔，私人通信，2015年1月14日。

54 埃尔库拉诺—乌泽尔指出：S.Herculano-Houzel et al,“The elephant brain in numbers,” *Front Neuroanat* 8(2014):46,doi:10.3389/fnana.2014.00046.

55 “人们都把鸟类视为”：语出H.卡滕，转引自S.LaFee,“Our brains are more like birds’than we thought,” 2010,http://ucsdnews.ucsd.edu/archive/newsrel/health/07-02avianbrain.asp。

55 这种解剖学上的错误认识：Avian Brain Nomenclature Consortium,“Avian brains and a new understanding of vertebrate brain evolution,” *Nat Rev Neurosci* 6,no.2(2005):151—159;T.Shimizu,“Why can birds be so smart? Background,significance,and implications of the revised view of the avian brain,” *Comp Cog Beh Rev* 4(2009):103—115.

56 大脑里没有上面那层：正如彼得·马勒所写的那样：“流行的观点是，表层皮质区域与智力有直接关联，因此人们倾向于认为鸟类光滑的大脑不足以支持高等智力所取得的成就。” P.Marler,“Social cognition,” in *Curr Orni* 13(1996):1—32.

56 到了60年代末期：H.J.Karten in *Comparative and Evolutionary Aspects of the Vertebrate Central Nervous System*,ed.J.Pertras,*Ann NY Acad Sci* 167(1969):164—179;H.J.Karten and W.A.Hodos,*A Stereotaxic Atlas of the Brain of the Pigeon*(Baltimore:Johns Hopkins University Press,1967).

57 他们的研究成果完全颠覆了埃丁格：Avian Brain Nomenclature Consortium,“Avian brains and a new understanding of vertebrate brain evolution,” *Nat Rev Neurosci* 6,no.2(2005):151—159.

57 鸽子擅长区分：R.J.Herrnstein and D.H.Loveland,“Complex visual concept in the pigeon,” *Science* 146(1964):549—551.

57 **29**位神经解剖学家：Avian Brain Nomenclature Consortium,“Avian brains and a new understanding of vertebrate brain evolution,” 151—159.

58 “前脑大约有**75%**是皮质”：埃里希·贾维斯，采访，2012年3月23日。

58 艾琳·佩珀伯格用电脑类比：I.M.Pepperberg,*The Alex Studies*(Boston:Harvard University Press,1999),9.

59 为了找到答案……安德烈亚斯·尼德：L.Veit et al,“Neuronal correlates of visual working memory in the corvid endbrain,” *J Neurosci* 34,no.23(2014):7778—7786.

59 人类和鸟类“唯一的不同点”：O.Güntürkün,“The convergent evolution of neural substrates for cognition,” *Psychol Res* 76(2012):212—219.

60 （即便是野生鹮）：B.Voelkl et al,“Matching times of leading and following suggest cooperation through direct reciprocity during V-formation flight in ibis,” *PNAS* 112,no.7(2015):2115—2120.

第三章 天生怪才

63 阿蓝就像**007**一样：关于新喀鸦的基本资料来源，包括我于2014年5月对亚历克斯·泰勒所做的采访，以及 A.H.Taylor,“Corvid cognition,” *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci* 5,no.3(2014):361—372。

63 在野外，新喀鸦能够使用：L.A.Bluff et al,“Tool use by wild New Caledonian crows *Corvus moneduloides* at natural foraging sites,” *Proc R Soc B*:277,no.1686(2010):1377—1385.

64 发现一件工具好用：B.C.Klump et al,“Context-dependent ‘safekeeping’of foraging tools in New Caledonian crows,” *Proc R Soc B* 282(2015):20150278.

64 我们所发明的各类工具：A.H.Taylor and R.D.Gray,“Is there a link between the crafting of tools and the evolution of cognition?” *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci* 5,no.6(2014):693—703.

65 只有人类才会使用工具：下列关于动物使用工具的资料来自R.W.Shumaker et al,*Animal Tool Behavior*(Baltimore:Johns Hopkins University Press,2011)。

65 雌性地蜂：H.J.Brockmann,“Tool use in digger wasps(*Hymenoptera:Sphecinae*),” *Psyche* 92(1985):309—330.

65 会使用工具的动物还是非常少见：D.Biro et al,“Tool use as adaptation,” *Phil Trans R Soc Lond B* 368,no.1630(2013):20120408.

65 尤其是在灵长类动物使用的工具：E.Meulman and C.P.van Schaik,“Orangutan tool use and the evolution of technology,” in ed.C.M.Sanz et al,*Tool Use in Animals:Cognition and Ecology*(New York:Cambridge University Press,2013),176.

65 黑猩猩也会巧妙地：C.Boesch,“Ecology and cognition of tool use in chimpanzees,” in C.M.Sanz et al,eds,*Tool Use in Animals:Cognition and Ecology*,21—47.

65 它们或许无法像……如此之多的工具：W.C.McGrew,“Is primate tool use special? Chimpanzee and New Caledonian crow compared,” *Philos Trans R Soc Lond B* 368(2013):20120422.

65 精确地制造出长度：J.Chappell and A.Kacelnik,“Tool selectivity in a nonprimate,the New Caledonian crow(*Corvus moneduloides*),” *Anim Cogn* 5(2002):71—78;J.Chappell and A.Kacelnik,“Selection of tool diameter by New Caledonian crows *Corvus moneduloides*,” *Anim Cogn* 7(2004):121—127.

65 依照先后次序使用工具：J.H.Wimpenny et al,“Cognitive processes associated with sequential tool use in New Caledonian crows,” *PLoS ONE* 4,no.8(2009) e6471,doi:10.1371/journal.pone.0006471.

66 亚历克斯·泰勒之所以带我：下述引用的泰勒的话来自2014年5月的采访。

67 新喀鸦不仅会用：K.D.Tanaka et al,“Gourmand New Caledonian crows munch rare escargots by dropping numerous broken shells of a rare endemic snail *Placostylus fibratus*,a species rated as vulnerable,were scattered around rocky beds of dry creeks in rainforest of New Caledonia,” *J Ethol* 31(2013):341—344.

67 加拉帕戈斯群岛的吸血地雀：P.R.Grant,*Ecology and Evolution of Darwin’s Finches*(Princeton,NJ:Princeton University Press,1986),393.

67 黑胸钩嘴鸢：R.W.Shumaker et al,*Animal Tool Behavior*(Baltimore:Johns Hopkins University Press,2011),38.

67 小嘴乌鸦……会利用路过的车辆：Y.Nihei,“Variations of behavior of carrion crows *Corvus corone* using automobiles as nutcrackers,” *Jpn J Ornithol* 44(1995):21—35.

67 只要阅读相关的鸟类期刊：R.W.Shumaker et al,*Animal Tool Behavior*(Baltimore:Johns Hopkins University Press,2011),35—58.

68 例如，有一只白鹳：J.Rekasi,“Über die Nahrung des Weisstorchs(*Ciconia ciconia*) in der Batschka(SüdUngarn),” *Ornith Mit* 32(1980):154—155,见引于L.Lfb t l eevreea,“Tools and brains in birds,” *Behaviour* 139(2002):939—973 。

68 非洲灰鹦鹉会……舀水：I.M.Pepperberg and H.A.Shive,“Simultaneous development of vocal and physical object

combinations by a grey parrot(*Psittacus erithacus*):bottle caps,lids,and labels," *J Comp Psychol* 115(2001):376—384.

68 一只短嘴鸦会……装水：P.D.Cole,"The ontogenesis of innovative tool use in an American crow(*Corvus brachyrhynchos*)"(PhD thesis,Dalhousie University,2004).

68 一只吉拉啄木鸟：L.Lefebvre,"Feeding innovations and forebrain size in birds"(AAAS presentation,February 21,2005,part of the symposium"Mind,Brain and Behavior").

68 还有一只冠蓝鸦：T.Eisner,"'Anting' in blue jays:Evidence in support of a food-preparatory function," *Chemoecology* 18,no.4(December 2008):197—203.

68 斯蒂尔沃特镇，一只短嘴鸦：C.Caffrey,"Goal-directed use of objects by American crows," *Wilson Bulletin* 113,no.1(2001):114—115.

68 俄勒冈州有两只渡鸦：S.W.Janes et al,"The apparent use of rocks by a raven in nest defense," *Condor* 78(1976):409.

68 有些鸟也会利用：R.W.Shumaker et al,*Animal Tool Behavior*(Baltimore:Johns Hopkins University Press,2011),35—58.

68 棕树凤头鹦鹉……用树枝当鼓槌：S.Taylor,*John Gould's Extinct and Endangered Birds of Australia*(Canberra:National Library of Australia,2012),130.

69 不久前的4月的一个清晨：R.P.Balda,"Corvids in combat:With a weapon?" *Wilson J Ornithol* 119,no.1(2007):100.

69 还有少数几种鸟类：S.Tebbich,"Tool-use in the woodpecker finch *Cactospiza pallida*:Ontogeny and ecological relevance"(PhD thesis,University of Vienna,2000).根据加文·亨特的说法，经常使用工具的鸟种还有白秃鹫、黑胸钩嘴鸢、褐头□、棕树

凤头鹦鹉。加文·亨特，私人通信，2015年1月。

70 行为生物学家萨拜因·特比希：S.Tebbich et al,“The ecology of tool-use in the woodpecker finch(*Cactospiza pallida*),” *Ecol Lett* 5(2002):656—664.

70 通过实验研究……的先驱：S.Tebbich,“Do woodpecker finches acquire tool-use by social learning?” *Proc R Soc B*:268(2001):1—5.

70 其中两位……记录了：G.Merlen and G.Davis-Merlen,“Whish:More than a tool-using finch,” *Noticias de Galápagos* 61(2000):2—9.

71 特比希和她的同事最近：S.Tebbich et al,“Use of a barbed tool by an adult and a juvenile woodpecker finch(*Cactospiza pallida*),” *Behav Process* 89,no.2(2012):166—171.

71 以戈氏凤头鹦鹉：A.M.I.Auersperg et al,“Explorative learning and functional inferences on a five-step means-means-end problem in Goffin’s cockatoos(*Cacatua goffin*),” *PLoS ONE* 8,no.7(2013):e68979.

71 但维也纳大学的阿莉塞·奥尔施佩格：A.M.I.Auersperg et al,“Spontaneous innovation in tool manufacture and use in a Goffin’s cockatoo,” *Curr Biol* 22,no.21(2012):R903—904.

71 几年前……克里斯琴·鲁茨：L.A.Bluff et al,“Tool use by wild New Caledonian crows *Corvus moneduloides* at natural foraging sites,” *Proc R Soc B* 277(2010):1377—1385;C.Rutz et al,“Video cameras on wild birds,” *Science* 318,no.5851(2007):765.

72 乌鸦反复用工具去戳幼虫：C.Rutz and J.J.H.St Clair,“The evolutionary origins and ecological context of tool use in New Caledonian crows,” *Behav Proc* 89(2012):153—165.

72 鲁茨和同事：出处同上，第156页。

72 这两种灵长类动物：G.R.Hunt and R.D.Gray,“The crafting of hook tools by wild New Caledonian crows,” *Proc R Soc B*(suppl.) 271(2004):S88—90.

72 以露兜树做成的工具：G.R.Hunt,“Manufacture and use of hook-tools by New Caledonian crows,” *Nature* 379(1996):249—251;G.R.Hunt and R.D.Gray,“Species-wide manufacture of stick-type tools by New Caledonian crows,” *Emu* 102(2002):349—353;G.R.Hunt and R.D.Gray,“Diversification and cumulative evolution in tool manufacture by New Caledonian crows,” *Proc R Soc B* 270(2003):867—874;G.R.Hunt and R.D.Gray,“The crafting of hook tools by wild New Caledonian crows,” *Proc R Soc B*(suppl.) 271(2004):S88—90;G.R.Hunt and R.D.Gray,“Direct observations of pandanus-tool manufacture and use by a New Caledonian crow(*Corvus moneduloides*),” *Anim Cogn* 7(2004):114—120;C.Rutz and J.J.H.St Clair,“The evolutionary originsand ecological context of tool use in New Caledonian crows,” *Behav Processes* 89,no.2(2012):153—165.

72 步骤颇为繁复：G.R.Hunt,“Manufacture and use of hook-tools by New Caledonian crows,” *Nature* 379(1996):249—251;G.R.Hunt and R.D.Gray,“Direct observations of pandanus-tool manufacture and use by a New Caledonian crow(*Corvus moneduloides*).”

73 值得注意的是：J.C.Holzhaider et al,“Social learning in New Caledonian crows,” *Learn Behav* 38,no.3(2010):206—219.

73 研究了他们在新喀里多尼亚岛上：G.R.Hunt and R.D.Gray,“Diversification and cumulative evolution in tool manufacture by New Caledonian crows.”

73 地方特有工具样式的传承：L.G.Dean et al,“Identification of the social and cognitive processes underlying human cumulative culture,” *Science* 335(2012):1114—1118.

73 此外，亨特认为：加文·亨特，私人通信，2015年1月；G.R.Hunt,“New Caledonian crows’(*Corvus moneduloides*) pandanus tool designs:Diversification or independent invention?” *Wilson J Ornithol* 126,no.1(2014):133—139;G.R.Hunt and R.D.Gray,“Diversification and cumulative evolution in tool manufacture by New Caledonian crows.”

74 不过，克里斯琴·鲁茨认为：C.Rutz and J.J.H.St Clair,“The evolutionary origins and ecological context of tool use in New Caledonian crows.”

74 做了一组实验：J.J.H.St Clair and C.Rutz,“New Caledonian crows attend to multiple functional properties of complex tools,” *Phil Trans R Soc Lond B* 368,no.1630(2013):20120415.

74 为什么偏偏只有：以下关于乌鸦使用工具的独特特征及其可能的演化起源来自C.鲁茨和J.J.H.圣克莱尔的精彩综述：“The evolutionary origins and ecological context of tool use in New Caledonian crows”。

74 地处偏远、面积狭小：关于新喀里多尼亚岛的资料来自“保护国际”（Conservation International）的网页， http://sp10.conservation.org/where/asia-pacific/pacific_islands/new_caledonia/Pages/overview.aspx;C.Rutz and J.J.H.St Clair,“The evolutionary origins and ecological context of tool use in New Caledonian crows,” 153—165.

75 它的陆地面积大致相当于新泽西州：http://newcaledoniaplants.com/.

75 当船驶近这座岛屿时：http://newcaledoniaplants.com/plant-catalog/araucarians/.

75 在昏暗的雨林中：M.G.Fain and P.Houde,“Parallel radiations in the primary clades of birds,” *Evolution* 58(2004):2558—2573.

75 生态仍然极为多样化：A.Gasc et al,“Bio diversity sampling using a global acoustic approach:Contrasting sites with microendemics in New Caledonia,” *PLoS ONE* 8,no.5(2013):e65311.

75 约有3 200种：岛上有大约3270种植物，其中74%是地区性植物（大约有2430种），http://www.cepf.net/resources/hotspots/Asia-Pacific/Pages/NewCaledonia.aspx。

75 岛上也有许多巨大的生物：http://sp10.conservation.org/where/asia-pacific/pacific_islands/new_caledonia/Pages/overview.aspx.

76 根据鲁茨和他的研究团队：可能有一部分土地一直在海面上，海岛也就成了新喀鸦的庇护所。这种情形或许也能够解释鹭鹤的存在。参见 C.Rutz and J.J.H.St Clair,“The evolutionary origins and ecological context of tool use in New Caledonian crows”。

77 够聪明的动物：以下关于新喀鸦使用工具的生态学资料来自 C.Rutz and J.J.H.St Clair,“The evolutionary origins and ecological context of tool usein New Caledonian crows”;C.Rutz et al,“The ecological significance of tool use in New Caledonian crows,” *Science* 329,no.5998(2010):1523—1526.

77 这类幼虫富含：C.Rutz et al,“The ecological significance of tool use in New Caledonian crows”;C.Rutz et al,“Video cameras on wild birds,” *Science* 318,no.5851(2007):765.

77 所造成的影响是：C.Rutz and J.J.H.St Clair,“The evolutionary origins and ecological context of tool use in New Caledonian crows.”

78 曾有实验发现：B.Kenward et al,“Tool manufacture by naïve juvenile crows,” *Nature* 433(2005):121;B.Kenward et al,“Development of tool use in New Caledonian crows:inherited action patterns and social infulences,” *Anim Behav* 72(2006) 1329—1343.

78 博士生珍妮：J.C.Holzhaider et al,“Social learning in New Caledonian ”crows.

78 格雷在一场……演讲中：以下描述来自J.C Hlhid t l .ozaerea,“Social learning in New Caledonian crows”；关于珍妮·霍尔茨海德在私人通信中的记录，以及她于2011年接受95bFM电台采访的内容，请访问http://3；罗素·格雷在2014www.95bfm.co.nz/assets/sm/198489/3/RSL8.02.11.mp_年的演讲中涉及黄黄学习过程的精彩分析，参见 “The evolution of cognition without miracles”(Nijmegen Lectures,January 27—29,2014)，视频记录请访问：http://www.mpi.nl/events/nijmegen-lectures-2014/lecturevideos。

78 这或许有助于说明：依据亨特和霍尔茨海德等人的说法，“我们认为，非人类生物中，像人类这样的积累性技术演化最有力的证据，便是新喀鸦利用露兜树叶制造工具”。J.C.Holzhaider et al,“Social learning in New Caledonian crows.”

78 观察父母制作工具并且亲自使用工具：R.Gray,“The evolution of cognition without miracles.”

79 根据奥克兰大学研究团队：G.R.Hunt,J.C.Holzhaider and R.D.Gray,“Prolonged parental feeding in tool-using New Caledonian crows,” *Ethology* 188(2012):1—8.

80 岛上有许多食物：C.Rutz and J.J.H.St Clair,“The evolutionary origins and ecological context of tool use in New Caledonian crows.”

81 眼睛的位置靠近：J.Troscianko et al,“Extreme binocular vision and a straight bill facilitate tool use in New Caledonian crows,” *Nat Comm* 3(2012):1110.

81 亚历克斯·凯瑟尼克……的研究团队：A.Martinho et al,“Monocular tool control,eye dominance,and laterality in New Caledonian crows,” *Curr Biol* 24,no.24(2014):2930—2934.

81 凯瑟尼克指出：语出A.凯瑟尼克，转引自“Why tool-wielding crows are left-or-right-beaked,” *Cell Press* 4(December 2014),http://phys.org/news/2014-12-tool-wielding-crows-left-right-beaked.htm。

81 新喀鸦的喙线条笔直：J.Troscianko et al,“Extreme binocular vision and a straight bill facilitate tool use in New Caledonian crows,” *Nat Comm* 3(2012):1110.

81 不清楚它们是先懂得制造工具：D.Biro et al,“Tool use as adaptation,” *Phil Trans R Soc Lond B* 368,no.1630(2013):20120408.

81 无论如何，科学家们表示：J.Troscianko et al,“Extreme binocular vision and a straight bill facilitate tool use in New Caledonian crows,” *Nat Comm* 3(2012):1110.

82 诚如加文·亨特所言：加文·亨特，私人通信，2015年1月21日。

82 研究结果表明……轻微的差异：R.Gray,“The evolution of cognition without miracles.”

82 有研究发现，新喀鸦：J.Cnotka et al,“Extraordinary large brains in toolusing New Caledonian crows(*Corvus moneduloides*),” *Neurosci Lett* 433(2008):241—245.一些科学家对这项研究的方法和分析持怀疑态度。“从已经发表的工作看，在新喀鸦中，与使用工具相关的神经适应的证据并不充分。”克里斯琴·鲁茨和 J.J.H.圣克莱尔写道。参见Rutz and St Clair,“The evolutionary origins and ecological context of tool use in New Caledonian crows”。

82 它们的前脑中……的部位较大：J.Mehlhorn,“Tool-making New Caledonian crows have large associative brain areas,” *Brain Behav Evolut* 75(2010):63—70.

82 此外，正如罗素·格雷所言：R.Gray,“The evolution of cognition without miracles”;F.S.Medina et al,“Perineuronal satellite

neuroglia in the telencephalon of New Caledonian crows and other Passeriformes:Evidence of satellite glial cells in the central nervous system of healthy birds?" *Peer J* 1(2013):e110.

82 大致上来说……脑子里：R.Gray,"The evolution of cognition without miracles."

83 他们的重点并不在于：以下信息来自亚历克斯·泰勒的采访内容，参见A.Taylor,"Corvid cognition," *WIREs Cogn Sci*(2014),doi:10.1002/wcs.1286。

83 乌鸦的行为中所表现出的认知能力：R.Gray,"The evolution of cognition without miracles."

83 根据格雷……的说法：A.H.Taylor et al,"Spontaneous metatool use by New Caledonian crows," *Curr Biol* 17(2007):1504—1507;R.Gray,"The evolution of cognition without miracles."

84 就算它曾经在脑海中设想：A.H.Taylor,"Corvid cognition," *WIREs Cogn Sci*(2014),doi:10.1002/wcs.1286.

84 007的行动可能比：亚历克斯·泰勒，私人通信，2015年1月7日。

84 奥克兰大学的研究团队会让这些鸟：克里斯琴·鲁茨认为在新喀里多尼亚岛上将这些鸟挪来挪去很危险。"如果说从这些鸟类的使用工具行为中能够获得什么启发的话，那便是将乌鸦暴露在它们不熟悉的技巧面前可能会破坏它们本来的'传统'或'文化'。我们的小组总是在乌鸦的捕捉地进行实验，以避免因疏忽造成的种群'污染'。"克里斯琴·鲁茨，私人通信，2015年7月30日。

84 他已经帮……取了名字：包括克里斯琴·鲁茨在内的一些科学家认为，最好不要给实验对象起名字。"因为这可能对实验人员观察/记录实验及解读证据造成影响。"鲁茨说。克里斯琴·鲁茨，私人通信，2015年7月30日。

85 为了了解这种看法是否正确：A.H.Taylor et al,“An end to insight? New Caledonian crows can spontaneously solve problems without planning their actions,” *Proc R Soc Lond B* 279,no.1749(2012):4977—4981;亚历克斯·泰勒，采访。

86 如果它们具有洞察力：参见A.M.Seed and N.J.Boogert,“Animal cognition:An end to insight?” *Curr Biol* 23,no.2(2013):R67—69。

86 事实证明：S.A.Jelbert et al,“Using the Aesop’s fable paradigm to investigate causal understanding of water displacement by New Caledonian crows,” *PloS One* 9,no.3(2014):1—9.

87 近来，泰勒、格雷：A.H.Taylor et al,“New Caledonian crows reason about hidden causal agents,” *PNAS* 109,no.40(2012):16389—16391.

87 “我们经常对看不见的东西做出推论”：R.Gray,“The evolution of cognition without miracles.”

87 一个只有7到10个月大的婴儿：R.Saxe et al,“Knowing who dunnit:Infants identify the causal agent in an unseen causal interaction,” *Develop Psych* 43,no.1(2007):149—158;R.Saxe et al,“Secret agents:Inferences about hidden causes by 10-and 12-month-old infants,” *Psychol Sci* 16,no.12(2005):995—1001.

87 正如格雷所言：R.Gray,“The evolution of cognition without miracles.”

89 乌鸦……表现出来的不同行为：这项研究的批评者认为，乌鸦可能并没有行使因果推理，而只是将伸出来的棍子与人类躲在后面联系在一起。参见N.J.Boogert et al,“Do crows reason about causes or agents? The devil is in the controls,” *PNAS* 110,no.4(2013):E273。“是的，确实可能是这样的简单关联，”泰勒表示，“如果只是乌鸦们看到棒子动了，接着一个人从隐秘处走出来的话。但这样的观点并未解释为何乌鸦在人离开以后就不再害怕了。

关联理论可以错误推导出乌鸦有自杀倾向，它们蠢得把自己的头置于棒子会出现的地方而怡然自得。”参见A.H.Taylor et al,“Reply to Boogert et al.:The devil is unlikely to be in association or distraction,” *PNAS* 110,no.4(2013):E274。

90 乌鸦却不行：A.H.Taylor et al,“Of babies and birds:Complex tool behaviours are not sufficient for the evolution of the ability to create a novel causal intervention,” *Proc R Soc B* 281,no.1787(2014):1—6.

90 高级讲师内森埃默里：N.J.Emery and N.S.Clayton,“Do birds have the capacity for fun?” *Curr Biol* 25,no.1(2015):R16—19.

91 玩乐本身就是：W.H.Thorpe in M.Ficken,“Avian Play,” *Auk* 94(1977):574.

91 根据动物学家米利森特·菲肯：M.Ficken,“Avian Play,” *Auk* 94(1977):573—582.

91 **“Nestor是传说中的希腊英雄”**：A.F.Gotch,*Latin Names Explained*(New York:Facts on File,1995),286.

92 朱迪·戴蒙德和艾伦·邦德这两位科学家：J.Diamond and A.B.Bond,*Kea:Bird of Paradox*(Berkeley and Los Angeles:University of California Press,1999),76.

92 爱玩东西的天性：出处同上，第99页。

92 几年前，新西兰：M.Miller,“Parrot Steals $1100 from Unsuspecting Tourist,” *Sunday Morning Herald*,February 4,2013,http://www.traveller.com.au/parrot-steals-1100-from-unsuspecting-tourist-2dtc2.

93 两只年幼的白颈渡鸦：R.Moreau and W.Moreau,“Do young birdsplay?” *Ibis* 86(1944):93—94.

93 2月的一个晴朗和煦的早晨：M.Brazil,“Common raven *Corvus corax* at play;records from Japan,” *Ornithol Sci* 1(2002):150—152.

93 阿莉塞·奥尔施佩格和一个国际科学团队：A.M.I.Auersperg et al,“Combinatory actions during object play in psittaciformes(*Diopsittaca nobilis*,*Pionites melanocephala*,*Cacatua goffin*) and corvids(*Corvus corax*,*C.monedula*,*C.moneduloides*),” *J Comp Psych* 129,no.1(2015):62—71;A.M.I.Auersperg et al,“Unrewarded object combinations in captive parrots,” *Anim Behav Cogn* 1,no.4(2014):470—488.

94 戈氏凤头鹦鹉喜欢黄色玩具：啄羊鹦鹉也会被黄色物品吸引，它们的翅膀下面也有黄色条纹。 A.M.I.Auersperg et al,“Unrewarded object combinations in captive parrots,” *Anim Behav Cogn* 1,no.4(2014):470—488.

95 奥克兰大学的研究小组……探讨一个问题：以下讨论来自亚历克斯·泰勒、C.鲁茨和 J.J.H.圣克莱尔接受的采访：“The ecological significance of tool use in New Caledonian crows”。

95 岛上的生活环境使然：C.Rutz and J.J.H.St Clair,“The ecological significance of tool use in New Caledonian crows.”

95 营养实在是太丰富了：J.R.Beggs and P.R.Wilson,“Energetics of South Island kaka(*Nestor meridionalis*) feeding on the larvae of kanuka longhorn beetles(*Ochrocydus huttoni*),” *New Zealand J Ecol* 10(1987):143—147.

96 当然，正如加文·亨特所言：加文·亨特，2014年5月12日的采访。

97 高山原始森林：http://newcaledoniaplants.com/plant-catalog/humid-forestplants/.

第四章 叽叽喳喳

101 磨炼自己的大脑： *Complete Essays ofMontaigne*,trans.D.Frame(Stanford,CA:Stanford University Press,1958),book 1,chapter 26,112.

102 例如秃鼻鸦：P.Green,“The communal crow,” *BBC Wildlife* 14,no.1(1996),30—34.

102 大山雀（**Parus major**）：L.M.Aplin et al,“Social networks predict patch discovery in a wild population of songbirds,” *Proc R Soc B* 279(2012):4199—4205.

102 就连鸡也有复杂的：T.Schjelderup-Ebbe,“Contributions to the social psychology of the domestic chicken,” in *Social Hierarchy and Dominance*,ed.M.Schein(Stroudsburg,PA:Dowden,Hutchinson & Ross,1975),35—49.然而，如果把鸡从群体中隔离几个星期，它们往往会忘记自己的阶级关系，参见T.Schjelderup-Ebbe,“Social behavior in birds,” in *Handbook of Social Dynamics of Hierarchy Formation*,ed.C.Murchison(Worcester,MA:Clark University Press,1935),947—972。

103 劳神费力的社交生活：N.Humphrey,“The social function of intellect,” 最初发表于 *Growing Points in Ethology*,ed.P.P.G.Bateson and R.A.Hinde(Cambridge:Cambridge University Press,1976),303—317。该观念源自 M.R.A.Chance and A.P.Mead,“Social behavior and primate evolution,” *Symp Soc Exp Biol* 7(1953):395—439，以及A.Jolly,“Lemur social behavior and primate intelligence,” *Science* 153(1966):501—506。

104 由于许多鸟种：N.J.Emery et al,“Cognitive adaptations of social bonding in birds,” *Philos Trans R Soc Lond B* 362(2007):489—505.

104 它们认得出自己：H.Prior et al,“Mirror-induced behavior in the magpie(*Pica pica*):Evidence of self-recognition,” *PLoS Biol* 6,no.8(2008):e202.

104 在野外时，它们会：T.Juniper and M.Parr,*Parrots:A Guide to Parrots of the World*(New Haven,CT:Yale University Press,1998),22.

104 它们很少独处：被关在笼子里的非洲灰鹦鹉有时会表现出严重的压力反应，例如拔自己的羽毛或尖叫。科学家最近发现，社会孤立使得端粒缩短，从而损害鸟类染色体。端粒就像束缚鞋带头的塑料管，它们可以避免染色体末端磨损。参见C.S.Davis,“Parrot psychology and behavior problems,” *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 21(1991):1281—88;D.Aydinonat et al,“Social isolation shortens telomeres in African grey parrots(*Psittacus erithacus erithacus*),” *PLoS ONE* 9,no.4(2014):e93839。

104 它们也了解……的好处：F.Peron et al,“Human-grey parrot(*Psittacus erithacus*) reciprocity,” *Anim Cogn*(2014),doi:10.1007/s10071-014-0726-3.

104 但近年来……陆续有：“Birds That Bring Gifts and Do the Gardening,” *BBC News Magazine*,March 10,2015,http://www.bbc.com/news/magazine-31795681.

105 心形的糖果：J.Marzluff and T.Angell,*Gifts of the Crow*(New York:Free Press,2012),108.

105 2015年时……的故事：K.Sewall,“The Girl Who Gets Gifts from Birds,” *BBC News Magazine*,February 25,2015,http://www.bbc.com/news/magazine-31604026.

105 “送礼的行为显示”：J.Marzluff and T.Angell,*Gifts of the Crow*,114.

105 乌鸦和渡鸦……就会拒绝工作：C.A.F.Wascher and T.Bugnyar,“Behavioral responses to inequity in reward distribution and working effort in crows and ravens,” *PLoS ONE* 8,no.2(2013):e56885.

105 鸦科和凤头鹦鹉科的鸟类：V.Dufour et al,“Corvids can decide if a future exchange is worth waiting for,” *Biol Lett* 8,no.2(2012):201—204.

105 奥尔施佩格和她在维也纳大学的研究团队发现：A.M.I.Auersperg et al,“Goffin cockatoos wait for qualitative and quantitative gains but prefer‘better’ to ‘more’,” *Biol Lett* 9(2013):20121092.

106 渡鸦年幼时：T.Bugnyar,“Social cognition in ravens,” *Comp Cogn Behav Rev* 8(2013):1—12.

106 它们所选择的特定个体：O.N.Fraser and T.Bugnyar,“Do ravens show consolation? Responses to distressed other,” *PLoS ONE* 5,no.5(2010):e10605.

106 认知生物学家托马斯·布格尼亚尔：M.Boeckle and T.Bugnyar,“Longterm memory for affiliates in ravens,” *Curr Biol* 22(2012):801—806.

106 不信你可以问问贝恩德·海因里希：B.Heinrich,*Mind of the Raven*(New York:Harper Perennial,2007),176.

106 和约翰·马兹洛夫：J.M.Marzluff,“Lasting recognition of threatening people by wild American crows,” *Anim Behav* 79(2010):699—707.

107 对他非常不满的乌鸦：约翰·马兹洛夫，私人通信，2015年2月10日。

107 做脑成像检查时：J.M.Marzluff et al,“Brain imaging reveals neuronal circuitry underlying the crow’s perception of human faces,” *PNAS* 109,no.39(2012):15912—15917.

107 蓝头鸦：G.C.Paz-y-Miño et al,“Pinyon jays use transitive

inference to predict social dominance," *Nature* 430(2004):778.

108 列尔卡·奥斯托伊奇和她的同事：L.Ostojić et al,"Can male Eurasian jays disengage from their own current desire to feed the female what she wants?" *Biol Lett* 10(2014):20140042;L.Ostojić et al,"Evidence suggesting that desire-state attribution may govern food sharing in Eurasian jays," *PNAS* 110(2013):4123—4128.

109 "这些实验得到的"：列尔卡·奥斯托伊奇，私人通信，2015年4月。

109 "认知他人有属于自己的欲望"：出处同上。

110 宾夕法尼亚大学的两位科学家：R.M.Seyfarth and D.L.Cheney,"Affiliation,empathy,and the origins of theory of mind," *PNAS*(suppl.) 110,no.2(2013):10349—10356.

110 举例来说，秃鼻鸦和渡鸦：T.Bugnyar and K.Kotrschal,"Scrounging tactics in free-ranging ravens," *Ethology* 108(2002):993—1009;P.Green,"The communal crow," *BBC Wildlife* 14,no.1(1996):30—34.

111 有些山雀很大胆：L.M.Guillette et al,"Individual differences in learning speed,performance accuracy and exploratory behavior in black-capped chickadees," *Anim Cogn* 18,no.1(2015):165—178.

111 也发现比较大胆的鸟类：L.M.Aplin et al,"Social networks predict patch discovery in a wild population of songbirds," *Proc R Soc B* 279(2012):4199—4205.

111 "冬天时尤其重要"：露西·阿普林，私人通信，2015年3月10日。

111 研究小组还发现，不同种：L.M.Aplin et al,"Social networks predict patch discovery in a wild population of

songbirds";D.R.Farine,"Interspecific social networks promote information transmission in wild songbirds," *Proc R Soc B* 282(2015):20142804;露西·阿普林，私人通信，2015年3月10日。

111 瑞典和芬兰：J.T.Seppanen and J.T.Forsman,"Interspecific social learning:Novel preference can be acquired from a competing species," *Curr Biol* 17(2007):1248—1252.

112 为了了解它们的学习过程：L.M.Aplin et al,"Experimentally induced innovations lead to persistent culture via conformity in wild birds," *Nature* 518,no.7540(2014):538—541.

112 过了1年后，那些鸟还是记得：露西·阿普林，私人通信，2015年3月10日。

113 根据内尔吉布格特的说法：N.Boogert,"Milk bottle-raiding birds pass on thieving ways to their flock," *The Conversation*,December 4,2014,https://theconversation.com/milk-bottle-raiding-birds-pass-on-thieving-ways-totheir-flock-34784.

113 雌斑胸草雀：J.P.Swaddle et al,"Socially transmitted mate preferences in a monogamous bird:A non-genetic mechanism of sexual selection," *Proc R Soc B* 272(2005):1053—1058.

113 有一项实验显示：欧乌鸫：E.Curio et al,"Cultural transmission of enemy recognition:One function of mobbing," *Science* 202(1978):899.

113 华丽细尾鹩莺：W.E.Feeney and N.E.Langmore,"Social learning of a brood parasite by its host," *Biol Letters* 9(2013):20130443.

113 一系列精妙的实验：J.M.Marzluff,"Lasting recognition of threatening people by wild American crows," *Anim Behav* 79(2010):699—707.

114 但越来越多的证据显示：T.M.Caro and M.D.Hauser,“Is there teaching in nonhuman animals?” *Q Rev Biol* 67(1992):151.

114 以狐獴为例：A.Thornton and K.McAuliffe,“Teaching in wild meerkats,” *Science* 313(2006):227—229.

115 科学家们已经观察到：N.R.Franks and T.Richardson,“Teaching in tandem-running ants,” *Nature* 439,no.153(2006),doi:10,1038/439153a.

115 家庭组织规模小：阿曼达·里德利，私人通信，2015年3月11日。

115 都是采取单配制：M.J.Nelson-Flower et al,“Monogamous dominant pairs monopolize reproduction in the cooperatively breeding pied babbler,” *Behav Ecol*(2011),doi:10.1093/beheco/arr018.

115 各个群体中，**95%**的雏鸟：出处同上。

115 群体中的所有成鸟：A.R.Ridley and N.J.Raihani,“Facultative response to a kleptoparasite by the cooperatively breeding pied babbler,” *Behav Ecol* 18(2007):324—330;A.R.Ridley et al,“The cost of being alone:The fate of floaters in a population of cooperatively breeding pied babblers *Turdoides bicolor*,” *JAvian Biol* 39(2008):389—392.

115 这对鸟如果没有后代：“The re-occurrence of an extraordinary behaviour:A new kidnapping event in the population,” *Pied &Arabian Babbler Research*(blog),November 2012,http://www.babbler-research.com/news.html.“来自利齐的重大新闻——有一起新的鸟类绑架案发生了！这对我们而言非常有趣。绑架这样的行为确实罕见，完全出乎我们的意料，但其实际发生的频率往往比我们认为的要高。这一绑架事件和另一个报道相吻合：CMF是一个很小的种群，过去18个月以来都未能成功繁殖后代（因此极有可能灭绝），它们便从另一个种群 SHA 那里偷来一些雏鸟，把这些

雏鸟当作自己亲生的后代一样来照顾。我们会继续跟踪绑匪和肉票之间的有趣互动（原文如此）。”

116 负责警戒的斑鸫鹛会栖息在……空旷地点：A.R.Ridley et al,“Is sentinel behaviour safe? An experimental investigation,” *Anim Behav* 85,no.1(2012):137—142.

116 非群居性小鸟：A.R.Ridley et al,“The ecological benefits of interceptive eavesdropping,” *Funct Ecol* 28,no.1(2013):197—205.

116 这些独来独往的弯嘴戴胜：出处同上。

116 这种鸟非常聪明，善于模仿：T.P.Flower,“Deceptive vocal mimicry by drongos,” *Proc R Soc B*(2010),doi:10.1098/rspb.2010.1932.

116 里德利和她的研究小组最近发现：T.P.Flower et al,“Deception byflexible alarm mimicry in an African bird,” *Science* 344(2014):513—516.

116 里德利和她的同事：N.J.Raihani and A.R.Ridley,“Adult vocalizations during provisioning:Offspring response and postfledging benefits in wild pied babblers,” *Anim Behav* 74(2007):1303—1309;N.J.Raihani and A.R.Ridley,“Experimental evidence for teaching in wild pied babblers,” *Anim Behav* 75(2008):3—11.赖哈尼和里德利总结道，两个动物之间的相互作用被归类为教学，必须满足以下三个条件：“老师”只有在经验不足的“学生”在场时才会修正自己的行为；“老师”必须付出一定的代价，或者至少从改变自己的行为中不会得到任何好处；由于“老师”的行为改变了，“学生”必须更快地从中获得知识或习得技能。

117 首先，它们并不是什么鸟都跟：A.M.Thompson and A.R.Ridley,“Dofledglings choose wisely? An experimental investigation into social foraging behavior,” *Behav Ecol Sociobiol* 67,no.1(2013):69—78.

117 其次，它们肚子饿的时候：A.M.Thompson et al,“The influence offledgling location on adult provisioning:A test of the blackmail hypothesis,” *Proc R Soc B* 280(2013):20130558.

117 目前尚无定论：J.A.Thornton and A.McAuliffe,“Cognitive consequences of cooperative breeding? A critical appraisal,” *J Zool* 295(2015):12—22.

118 “斑鸫鹛的教学行为”：阿曼达·里德利，私人通信，2015年4月7日。

118 但并未发现：G.Beauchamp and E.Fernandez-Juricic,“Is there a relationship between forebrain size and group size in birds?” *Evol Ecol Res 6*(2004):833—842.

118 牛津大学的人类学家及演化心理学家罗宾·邓巴：R.Dunbar and S.Shultz,“Evolution in the social brain,” *Science* 317(2007):1344—1347.

118 一项计算机仿真实验：L.McNally et al,“Cooperation and the evolution of intelligence,” *Proc R Soc B*(April 2012),doi:10.1098/rspb.2012.0206.

119 然而，邓巴和同事在观察：S.Shultzand and R.I.M.Dunbar,“Social bonds in birds are associated with brain size and contingent on the correlated evolution of life-history and increased parental investment,” *Biol J Linn Soc* 100(2010):111—123.

119 对鸟类而言，强化关系的质量：“It is the qualitative nature(rather than the quantitative number) of relationships that imposes the cognitive burden.” 出处同上。

119 真正困难的任务：N.J.Emery et al,“Cognitive adaptations of bonding in birds,” *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 362(2007):489—505.

119 大约80%的鸟类施行社会性单配制：A.Cockburn,“Prevalence of different modes of parental care in birds,” *Proc R Soc B* 273(2006):1375—1383.

120 根据生物学家内森·埃默里的说法：N.J.Emery et al,“Cognitive adaptations of bonding in birds,” *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 362(2007):489—505.

120 例如，秃鼻鸦：N.S.Clayton and N.J.Emery,“The social life of corvids,” *Curr Biol* 17,no.16(2007):R652—656.

120 淡尾苇鹪鹩：E.Fortune et al,“Neural mechanisms for the coordination of duet singing in wrens,” *Science* 334(2011):666—670.

120 虎皮鹦鹉：M.Moravec et al,“‘Virtual parrots’ confirm mating preferences of female budgerigars,” *Ethology* 116,no.10(2010):961—971.

120 只要相处几天，雄鸟就能够：A.G.Hile et al,“Male vocal imitation produces call convergence during pair bonding in budgerigars,” *Anim Behav* 59(2000):1209—1218.

121 “这也可以说明，为什么那些养鹦鹉当宠物的人认为”：出处同上。

121 根据古德森的研究，鸟类大脑内：L.A.O’Connell et al,“Evolution of a vertebrate social decision-making network,” *Science* 336,no.6085(2012):1154—1157.

121 这些回路非常古老：J.L.Goodson and R.R.Thompson,“Nonapeptide mechanisms of social cognition,behavior and species-specific social systems,” *Curr Opin Neurobiol* 20(2010):784—794.

121 古德森发现，鸟类社会行为之所以会不同：J.L.Goodson,“Nonapeptides and the evolutionary patterning of social behavior,” *Prog Brain Res* 170(2008):3—15.

122 20世纪90年代初期，神经内分泌学家休·卡特：C.S.Carter et al,“Oxytocin and social bonding,” *Ann NYAcad Sci* 652(1992):204—211.

122 最近的研究显示，黑猩猩在分享食物时：C.Crockford et al,“Urinary oxytocin and social bonding in related and unrelated wild chimpanzees,” *Proc R Soc B* 280(2013):20122765.

122 实验证明，催产素能够减轻人类的焦虑：M.Heinrichs et al,“Oxytocin,vasopressin,and human social behavior,” *Front Neuroendocrin* 30(2009):548—557;K.MacDonald and T.M.MacDonald,“The peptide that binds:A systematic review of oxytocin and its prosocial effects in humans,” *Harvard Rev Psychiat* 18,no.1(2010):1—21.

122 近年的研究显示……一定剂量的催产素：G.-J.Pepping and E.J.Timmermans,“Oxytocin and the biopsychology of performance in team sports,” *Sci World J*(2012):567363.

122 可能也会增进……的奖励反应：D.Scheele et al,“Oxytocin enhances brain reward system responses in men viewing the face of their female partner,” *Proc Natl Acad Sci* 110,no.5(2013):20308020313.

122 但古德森等人发现：J.L.Goodson and M.A.Kingsbury,“Nonapeptides and the evolution of social group sizes in birds,” *Front Neuroanat* 5(2011):13;J.L.Goodson et al,“Evolving nonapeptide mechanisms of gregariousness and social diversity in birds,” *Horm Behav* 61(2012):239—250.

122 如果给它们更多的鸟催产素：J.L.Goodson et al,“Mesotocin and nonapeptide receptors promote songbird flocking

behavior," *Science* 325(2009):862—866.

123 有一个实验室将它们称为：内尔吉·布格特，私人通信，2015年4月7日。

123 古德森找出这些肽……的受体：J.L.Goodson et al,"Mesotocin and nonapeptide receptors promote songbird flocking behavior," *Science* 325(2009):862—866.

123 很好奇，这些类似催产素的肽：J.D.Klatt and J.L.Goodson,"Oxytocin-like receptors mediate pair bonding in a socially monogamous songbird," *Proc R Soc B* 280,no.1750(2012):20122396.

123 心理学家鲁思·费尔德曼……发现：R.Feldman,"Oxytocin and social affiliation in humans," *Horm Behav* 61(2012):380—391.

123 然而，正如马西·金斯伯里所言：马西·金斯伯里，私人通信，2015年2月9日；参见J.L.Goodson et al,"Oxytocin mechanisms of stress response and aggression in a territorial finch," *Physiol Behav* 141(2015):154—163。作者写道："催产素能够促进负面行为和认知，这一功能从人类身上得到愈发翔实的记录。例如，鼻内催产素调控会减弱边缘型人格障碍患者的信任和合作意愿，增强健康男性的地域性利他行为、民族优越感，以及群体外成员贬低倾向。"

124 科学家们针对人类伴侣：S.E.Taylor et al,"Are plasma oxytocin in women and plasma vasopressin in men biomarkers of distressed pair-bond relationships?" *Psychol Sci* 21(2010):3—7.

124 根据新墨西哥大学生物学家莱恩农·韦斯特：R.J.D.West,"The evolution of large brain size in birds is related to social,not genetic,monogamy," *Biol J Linn Soc* 111,no.3(2014):668—678.

124 通过分析**DNA**，科学家们已经发现：S.Griffith et al,"Extra pair paternity in birds:A review of interspecific variation

and adaptive function," *Mol Ecol* 11(2002):2195—2212.

125 以云雀……为例：J.Linossier et al,"Flight phases in the song of skylarks," *PLoS ONE* 8,no.8(2013):e72768.

125 然而，科学家们发现云雀的巢内：J.M.C.Hutchinson and S.C.Griffith,"Extra-pair paternity in the skylark,*Alauda arvensis*," *Ibis* 150(2008):90—97.

125 行为生态学家茱迪·斯坦普斯：J.Stamps,"The role of females in extra pair copulations in socially monogamous territorial animals," in *Feminism and Evolutionary Biology:Boundaries,Intersections,and Frontiers*,ed.P.Gowaty(Washington,DC:Science,1997),294.

125 挪威大学的两位生物学家提出了一个新的理论：S.Eliassen and C.Jørgensen,"Extra-pair mating and evolution of cooperative neighbourhoods," *PLoS ONE* 9,no.7(2014):e99878.

126 这种说法和先前针对红翅黑鹂……不谋而合：E.M.Gray,"Female redwinged blackbirds accrue material benefits from copulating with extra-pair males," *Anim Behav* 53,no.3(1997):625—639.

126 "雌鸟之所以会和"：南希·伯利，私人通信，2015年2月9日。

127 即便是在看守自己的伴侣期间：J.Linossier et al,"Flight phases in the song of skylarks," *PLoS ONE* 8,no.8(2013):e72768.研究人员发现，短翅膀的云雀常常被戴绿帽子。

127 事实上，在非婚生子女较多的鸟类中：L.Z.Garamszegi et al,"Sperm competition and sexually size dimorphic brains in birds," *Proc R Soc B* 272(2005):159—166.

127 西丛鸦最爱玩的把戏是：J.Mailliard,"California jays and

cats," *Condor*,July,1904,94—95.

127 "它们会突然发出吓人的警告声"：L.D.Dawson,*The Birds of California:A Complete and Popular Account of the 580 Species and Subspecies of Birds Found in the State*(San Diego:South Moulton Company,1923).

128 西丛鸦一天内损失的存粮可能高达**30%**：U.Grodzinski and N.S.Clayton,"Problems faced by food-caching corvids and the evolution of cognitive solutions," *Philos Trans R Soc Lond B* 365(2010):977—987.

128 妮古拉·克莱顿……一系列令人印象深刻的实验：N.S.Clayton et al,"Social cognition by food-caching corvids:The western scrub-jay as a natural psychologist," *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 362,no.1480(2007):507—522;J.M.Thomand N.S.Clayton,"Re-caching by western scrub-jays(*Aphelocoma californica*) cannot be attributed to stress," *PLoS ONE* 8,no.1(2013):e52936.

128 如果旁观者可以听到它的声音：G.Stulp et al,"Western scrub-jays conceal auditory information when competitors can hear but cannot see," *Biol Lett* 5(2009):583—585.

129 "换句话说，"研究人员表示：U.Grodzinski et al,"Peep to pilfer:What scrub-jays like to watch when observing others," *Anim Behav* 83(2012):1253—1260.

129 对克莱顿和其他许多：U.Grodzinski and N.S.Clayton,"Problems faced by food-caching corvids and the evolution of cognitive solutions," *Philos Trans R Soc Lond B* 365(2010):977—987.

129 目前还不清楚这类贮藏食物：出处同上。

130 但正如克莱顿和她的同事埃默里：N.J.Emery and

N.S.Clayton,“Do birds have the capacity for fun?” *Curr Biol* 25,no.1(2015):R16—R19.

130 它们会成群行动：H.Fischer,“Das Triumphgeschrei der Graugans(*Anser anser*),” *Z Tierpsychol* 22(1965):247—304.

130 奥地利的康拉德·劳伦兹研究站：C.A.F.Wascher et al,“Heart rate during conflicts predicts post-conflict stress-related behavior in greylag geese,” *PLoS ONE* 5,no.12(2010):e15751.

130 这种乌鸦非常喜欢群体生活：A.M.Seed et al,“Postconflict third-party affiliation in rooks,*Corvus frugilegus*,” *Curr Biol* 17(2007):152—158.

131 研究人员将这个现象称为：N.J.Emery et al,“Cognitive adaptations to bonding in birds,” *Philos Trans R Soc Lond B* 362(2007):489—505.

131 但亚洲象近年也榜上有名：J.M.Plotnik and F.B.de Waal,“Asian elephants(*Elephas maximus*) reassure others in distress,” *Peer J* 2(2014):e278.

131 不久前，托马斯·布格尼亚尔：O.Fraser and T.Bugnyar,“Do ravens show consolation? Responses to distressed others,” *PLoS ONE* 5,no.5(2010):e10605.

132 在争吵过后10分钟内：作为实验的控制者，研究员在冲突后的第二天观察了受害者10分钟，以便了解其他乌鸦是否会接近它们。

132 他们在论文中写道：O.Fraser and T.Bugnyar,“Do ravens show consolation?Responses to distressed others,” *PLoS ONE* 5,no.5(2010):e10605.

132 特雷莎·伊格莱西亚斯……设计的产物：T.Iglesias et al,“Western scrubjay funerals:Cacophonous aggregations in

response to dead conspecifics," *Anim Behav* 84,no.5(2012):1103—1111.

133 对于这项研究，外界的反应很快从：B.King,"Do birds hold funerals?" *13.7 Cosmos & Culture*(blog),NPR,September 6,2012,http://www.npr.org/blogs/13.7/2012/09/06/160535236/do-birds-hold-funerals.

133 西丛鸦这种聚集行为看起来：L.Erickson,"Scrub-jay funerals and blue jay Irish wakes," *Laura's Birding Blog*,September 26,2012,http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://lauraerickson.blogspot.com/2012/09/scrub-jay-funerals-and-blue-jay-irish.html.

133 在后续的一项研究中，伊格莱西亚斯和同事：T.L.Iglesias et al,"Dead hetero-specifics as cues of risk in the environment:Does size affect response?" *Behaviour* 151(2014):1—22.

133 这显示西丛鸦的聚集行为：特雷莎·伊格莱西亚斯，私人通信，2015年2月7日。

134 "同理心"的一个定义是：M.L.Hoffman,"Is altruism part of human nature?" *J Personal Soc Psychol* 40(1981):121—137.

134 鸟类虽然无法……通过脸部的肌肉表达：N.J.Emery and N.S.Clayton,"Do birds have the capacity for fun?" *Curr Biol* 25,no.1(2015):R16—19.

134 康拉德·劳伦兹曾经提到一只丧偶的灰雁：语出K.劳伦兹，转引自 Marc Bekoff,"Grief in animals:It's arrogant to think we're the only animals who mourn"(blog),*Psychology Today*,October 29,2009,http://www.psychologytoday.com/blog/animal-emotions/200910/grief-in-animals-itsarrogant-think-were-the-only animals-who-mourn。

134 荣誉退休教授马克·贝科夫：出处同上。

134 马兹洛夫和安杰尔在《乌鸦的礼物》这本书中： *Gifts of the Crow*(New York:Free Press,2013),138—139.

135 马兹洛夫发现，当乌鸦：D.J.Cross et al,“Distinct neural circuits underlie assessment of a diversity of natural dangers by American crows,” *Proc R Soc B* 280(2013):20131046.

第五章 燕语莺啼

137 杰斐逊总统并未：E.M.Halliday,*Understanding Thomas Jefferson*(New York:HaperCollins,2001),184.哈利迪写道，显然，杰斐逊既能够充满“童真与童趣”地对待宠物鸟，也能“冰冷无情”地呵斥他的奴隶饲养的宠物狗。此外，杰斐逊称嘲鸫为“高等生命”。杰斐逊在蒙蒂塞洛的监工埃德蒙·培根告诉他，奴隶饲养的狗咬死了他的羊，于是杰斐逊指示道：“为确保绵羊安全，那些黑人的狗都要宰了。一只也不要放过。”

137 “我诚挚地……向你祝贺”：在1793年5月从蒙蒂塞洛寄往费城的信中，托马斯·曼·伦道夫告诉杰斐逊第一只嘲鸫的到来后，杰斐逊在回信中称赞了嘲鸫， http://www.monticello.org/site/research-and-collections/mockingbirds#_note-1。

138 有一位博物学家甚至形容：J.Lembke,*Dangerous Birds*(New York:Lyons ＆ Burford,1992),66.

138 也知道它能够模仿当地其他鸟类：托马斯·杰斐逊写给阿比盖尔·亚当斯的一封信，1785年6月21日。

138 洛贺芬克礼堂：Society for Neuroscience conference on “Bird-song:Rhythms and clues from neurons to behavior,” November 14—15,2014,Georgetown University,Washington DC(hereafter SFN conference).

138 被称为发声学习：C.I.Petkov et al,“Birds,primates,and spoken language origins:Behavioral phenotypes and neurobiological substrates,” *Front Evol Neurosci* 4(2012):12;E.D.Jarvis,“Evolution of

brain pathways for vocal learning in birds and humans," in *Birdsong,Speech,and Language*,ed.J.J.Bolhuis and M.Everaert(Cambridge,MA:MIT Press,2013),63—107;D.Kroodsma et al,"Behavioral evidence for song learning in the suboscine bellbirds(*Procnias* spp.;Cotingidae)," *Wilson J Ornithol* 125,no.1(2013):1—14.

138 如果"认知"的定义是：S.J.Shettleworth,*Cognition,Evolution,and Behavior*(New York:Oxford University Press,2010),23.

139 这些科学家提到……非常相似：A.R.Pfenning et al,"Convergent transcriptional specializations in the brains of humans and song-learning birds," *Science* 346,no.6215(2014):13333.

139 （例如它们也会有结巴的现象）：L.Kubikova et al,"Basal ganglia function,stuttering,sequencing,and repair in adult songbirds," *Sci Rep* 13,no.4(2014):6590.

139 神经生物学家约翰·包休斯：J.Bolhuis,"Birdsong,speech and language"(SFN conference presentation,November 14—15,2014).

140 达尔文在搭乘"小猎犬号"航行时：C.Darwin,*Voyage of the Beagle*,1839(New York:Penguin Classics,1989).

141 "这有点像是我们在洗澡的时候唱歌"：L.Riters,"Why birds sing:The neural regulation of the motivation to communicate"(SFN conference presentation,November 14—15,2014).

141 "通过研究鸟类……如何学习发声"：引用的埃里希·贾维斯的话来自2012年3月23日同他的访谈；E.Jarvis,"Identifying analogous vocal communication regions between songbird and human brains"(SFN conference presentation,November 14—15,2014)。

142 在空旷的地方，声音：E.Nemeth et al,“Differential degradation of antbird songs in a neotropical rainforest:Adaptation to perch height?” *Jour Acoust Soc Am* 110(2001):3263—3274.

142 在森林地面鸣歌的鸟类：H.Slabbekoorn,“Singing in the wild:The ecology of birdsong,” in *Nature’s Music:The Science of Birdsong*,ed.P.Marler and H.Slabbekoorn(Amsterdam:Elsevier Academic Press,2004).

142 有些鸟会使用……的频率：M.J.Ryan et al,“Cognitive mate choice,” in *Cognitive Ecology II*,ed.R.Dukas and J.Ratcliffe(Chicago:University of Chicago Press,2009),137—155.

142 住在机场附近的鸟：D.Gil et al,“Birds living near airports advance their dawn chorus and reduce overlap with aircraft noise,” *Behav Ecol* 26,no.2(2014):435—443.

142 科学家们用了很长的时间：R.A.Suthers and S.A.Zollinger,“Producing song:The vocal apparatus,” in *Behavioral Neurobiology of Bird Song*,ed.H.P.Zeigler and P.Marler(New York:Annals of the New York Academy of Sciences,2014),109—129.

142 一直到最近几年：D.N.Düring et al,“The songbird syrinx morphome:A three-dimensional,high-resolution,interactive morphological map of the zebra finch vocal organ,” *BMC Biol* 11(2013):1.

143 善于鸣唱的鸣禽，如嘲鸫：S.A.Zollinger et al,“Two-voice complexity from a single side of the syrinx in northern mockingbird *Mimus polyglottos* vocalizations,” *J Exp Biol* 211(2008):1978—1991.

143 有些鸣禽，例如：C.P.H.Elemans et al,“Superfast vocal muscles control song production in songbirds,” *PLoS ONE* 3,no.7(2008):e2581.

143 冬鹪鹩：http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/720doi:10.2173.

143 越精细复杂的鸟类：鹦鹉和琴鸟因为灵活多变的发声本领而闻名，但实际上只有一小部分个体能够灵活发声。

144 这可不是那么容易的事：T.Gentner,“Mechanisms of auditory attention”(SFN conference presentation,November 14—15,2014).

144 用声波图来比较：D.Kroodsma,*The Singing Life ofBirds*(Boston:Houghton Mifflin,2007),76—77.

144 嘲鸫唱起主红雀的歌时：S.A.Zollinger and R.A.Suthers,“Motor mechanisms of a vocal mimic:Implications for birdsong production,” *Proc R Soc B* 271(2004):483—491.

145 如果碰到鸣唱速度太快的鸟类：L.A.Kelley et al,“Vocal mimicry in songbirds,” *Anim Behav* 76(2008):521—528.

145 嘲鸫科的另外一个成员——褐弯嘴嘲鸫：D.E.Kroodsma and L.D.Parker,“Vocal virtuosity in the brown thrasher,” *Auk* 94(1977):783—785.

145 紫翅椋鸟：H.Hultsch and D.Todt,“Memorization and reproduction of songs in nightingales(*Luscinia megarhynchos*):Evidence for package formation,” *J Comp Phys A* 165(1989):197—203.

145 湿地苇莺：F.Dowsett-Lemaire,“The imitative range of the song of the marsh warbler *Acrocepalus palustris*,with special reference to imitations of African birds,” *Ibis* 121(2008):453—468.

145 有一位博物学家曾经在文章中写道：H.J.Pollock,“Living with the lyrebirds,” *Proc Zool Soc*(July 23,1965):20—24.

145 叉尾卷尾：T.P.Flower,“Deceptive vocal mimicry by drongos,” *Proc R Soc B*(2010),doi:10.1098/rspb.2010.1932.

145 据说有一只巴巴多斯牛雀：P.Marler and H.Slabbekoorn,*Nature's Music:The Science ofBirdsong*(Amsterdam:Elsevier Academic Press,2004),35.

146 《纽约客》杂志曾经报道：W.C.Fitzgibbon,“Talk of the Town,” *New Yorker*,August 14,1954.

146 鹦鹉最为特别：V.R.Ohms et al,“Vocal tract articulation revisited:the case of the monk parakeet,” *J Exp Biol* 215(2012):85—92;G.J.L.Beckers et al,“Vocal-tract filtering by lingual articulation in a parrot,” *Curr Biol* 14,no.7(2004):1592—1597.

146 佩珀伯格对……非洲灰鹦鹉：I.M.Pepperberg,*The Alex Studies*(Cambridge,MA:Harvard University Press,1999),13—52.

146 亚历克斯也喜欢说：艾琳·佩珀格林，私人通信，2015年5月8日。

147 不久前……一位博物学家：博物学家马丁·罗宾逊的故事收录在H.普赖斯的文章里：“Birds of a feather talk together,” *Aust Geogr*,September 15,2011,Iangeo graphic.com.au/news/2011/09/birds-of-a-feather-talk-together/。

147 曾经有人计算过嘲鸫所唱的曲调：D.Kroodsma,*The Singing Life ofBirds*,70.

147 阿诺德植物园：C.H.Early,“The mockingbird of the Arnold Arboretum,” *Auk* 38(1921):179—181.

148 每一只鸟都有自己独特的鸣唱：R.D.Howard,“The influence of sexual selection and interspecific competition on mockingbird song,” *Evolution* 28,no.3(1974):428—

438;J.L.Wildenthal,“Structure in primary song of mockingbird,” *Auk* 82(1965):161—189;J.J.Hatch,“Diversity of the song of mockingbirds reared in different auditory environments”(PhD thesis,Duke University,1967).

148 嘲鸫经常模仿：K.C.Derrickson,“Yearly and situational changes in the estimate of repertoire size in northern mockingbirds(*Mimus polyglottos*),” *Auk* 104(1987):198—207.

148 “博·杰斯假说”：J.R.Krebs,“The significance of song repertoires:The Beau Geste hypothesis,” *Anim Behav* 25,no.2(1977):475—478.

149 鸟类学家J. 保罗·菲舍尔：J.P.Visscher,“Notes on the nesting habits and songs of the mockingbird,” *Wilson Bulletin* 40(1928):209—216.

149 为了厘清这个“先天还是后天”的争议：A.Laskey,“A mockingbird acquires his song repertory,” *Auk* 61(1944):211—219.

149 （拉斯基是……的科学家）：http://naturalhistorynetwork.org/journal/articles/8-donald-culross-peatties-an-almanac-for-moderns/.

150 模式生物：埃里克·坎德尔引用果蝇行为研究专家奇普·奎因的话,*In Search ofMemory*(New York:W.W.Norton,2006),148。

150 斑胸草雀虽然并不完全符合：R.Zann,*The Zebra Finch:A Synthesis of Field and Laboratory Studies*(New York:Oxford University Press,1996).

151 “是不切实际的”：R.Mooney,“Translating birdsong research”(SFN conference presentation,November 14—15,2014).

151 对于斑胸草雀的幼鸟而言：关于鸟类的歌曲学习过程的讨论来自S.Nowicki and W.A.Searcy,“Song function and the evolution

of female preferences:Why birds sing and why brains matter," *Ann N Y Acad Sci* 1016(June 2004):704—723。

151 鸟类是有耳朵的：R.Dooling,"Audition:Can birds hear everything they sing?" in *Nature's Music:The Science of Birdsong*,ed.P.Marler and H.Slabbekoorn(Amsterdam:Elsevier Academic Press,2004),206—225.

151 （鸟类的毛细胞如果）：J.S.Stone and D.A.Cotanche,"Hair cell regeneration in the avian auditory epithelium," *Int J Deve Biol* 51,no.607(2007):633—647.

152 高级发声中枢：J.F.Prather et al,"Neural correlates of categorical perception in learned vocal communication," *Nat Neurosci* 12,no.2(2009):221—228.

152 在小鸟尝试鸣唱之前：P.Ardet et al,"Song tutoring in pre-singing zebra finch juveniles biases a small population of higher-order song selective neurons towards the tutor song," *J Neurophysiol* 108,no.7(2012):1977—1987.

152 基因和经验共同作用的绝佳范例：J.J.Bolhuis et al,"Twitter evolution:Converging mechanisms in birdsong and human speech," *Nat Rev Neurosci* 11(2010):747—759.

152 科学家们发现的这个现象：出处同上。

153 神经系统科学家萨拉·伦敦：S.London,"Mechanisms for sensory song learning"(SFN conference presentation,November 14—15,2014).

153 他们在两三岁的时候：P.K.Kuhl,"Learning and representation in speech and language," *Curr Opin Neurobiol* 4,no.6(1994):812—822.

153 过了青春期：J.J.Bolhuis et al,"Twitter

evolution:Converging mechanisms in birdsong and human speech," *Nat Rev Neurosci* 11(2010):747—748.

154 科学家已经发现：D.Aronov et al,"A specialized forebrain circuit for vocal babbling in the juvenile songbird," *Science* 320(2008):630—634.

154 多巴胺可能提供了鸣唱的动机：K.Simonyan et al,"Dopamine regulation of human speech and bird song:A critical review," *Brain Lang* 122,no.3(2012):142—150.

155 睡眠似乎……扮演了：S.Derégnaucourt et al,"How sleep affects the developmental learning of bird song," *Nature* 433(2005):710—716;S.S.Shank and D.Margoliash,"Sleep and sensorimotor integration during early vocal learning in a songbird," *Nature* 458(2009):73—77.

155 因听众而异：S.C.Woolley and A.Doupe,"Social context-induced song variation affects female behavior and gene expression," *PLoS Biol* 6,no.3(2008):e62.

155 "这两种版本的歌声"：R.Mooney,"Translating birdsong research"(SFN conference presentation,November 14—15,2014).

155 贾维斯的团队利用脑成像技术：E.D.Jarvis et al,"For whom the bird sings:Context-dependent gene expression," *Neuron* 21(1998):775—788.

156 雌鸟也会提供：http://babylab.psych.cornell.edu/wp-content/uploads/2012/12/newsletter_fall_2012.pdf.

156 这些都足以证明：M.H.Goldstein,"Social interaction shapes babbling:Testing parallels between birdsong and speech," *PNAS* 100,no.13(2003):8030—8035.

156 但后来费尔南多·诺特博姆：F.Nottebohm,"The neural

basis of birdsong," *PLoS Biol* 3,no.5(2005):e164.

156 不仅鸟类学习鸣唱：A.J.Doupe and P.K.Kuhl,"Birdsong and human speech:Common themes and mechanisms," *Annu Rev Neurosci* 22(1999):567—631;J.J.Bolhuis et al,"Twitter evolution:Converging mechanisms in birdsong and human speech," *Nat Rev Neurosci* 11(2010):747—748;P.Marler,"A comparative approach to vocal learning:Song development in white-crowned sparrows," *J Comp Physiol Psych* 7,no.2,pt.2(1970):1—25;F.Nottebohm,"The origins of vocal learning," *Amer Natur.* 106(1972):116—140.

157 语言学家宫川茂：S.Miyagawa et al,"The integration hypothesis of human language evolution and the nature of contemporary languages," *Front Psychol* 5(2014):564.

157 宫川茂认为，人类的语言：S.Miyagawa et al,"The emergence of hierarchical structure in human language," *Front Psychol* 4(2013):71.

157 鸟脑和人脑最像的地方在于：埃里希·贾维斯，2012年3月23日的采访。

158 那天下午在乔治敦大学的会议中：研究团队发现类似的基因表达在鸣禽大脑和人脑的两个功能相似的部位最为明显。一是学习发声的部位：它在鸣禽大脑中被称为X区域，类似于人类大脑中的基底核，包含纹状体。该部位对于鸣禽学习鸣唱至关重要，当人类学习语言时该部位也处于激活状态。二是控制发声的部位：它在鸣禽大脑中被称为弓状皮质栎核（简称RA），是鸣禽能够控制其鸣唱的关键。该部位类似于人类大脑皮层控制喉肌运动的区域（简称LMC），这个区域能使我们发出不同声调的声音。参见A.R.Pfenning et al,"Convergent transcriptional specializations in the brains of humans and song-learning birds," *Science* 346,no.6215(2014):13333。

158 他的实验室最近用脑成像技术：采访埃里希·贾维斯；G.Feenders etal,"Molecular mapping of movement-associated areas

in the avian brain:A motor theory for vocal learning origin,” *PLoS ONE* 3,no.3(2008):e1768.

159 “以类似的方式来解决类似的问题”：J.Bolhuis,“Birdsong,speech and language”(SFN conference presentation,November 14—15,2014).

159 如此看来，鸟类的发声学习：G.Zhang et al,“Comparative genomics reveals insights into avian genome evolution and adaptation,” *Science* 346,no.6215(2014):1311—1319.

159 值得一提的是：最近的DNA分析表明，鹦鹉和鸣禽的亲缘关系比此前认为的更为接近。参见S.J.Hackett et al,“A phylogenomic study of birds reveals their evolutionary history,” *Science* 320,no.5884(2008):1763—1768;E.D.Jarvis et al,“Whole genome analyses resolve early branches in the tree of life of modern birds,” *Science* 346,no.6215(2014):1320—1331;H.Horita et al,“Specialized motor-driven dusp1 expression in the song systems of multiple lineages of vocal learning birds,” *PLoS ONE* 7,no.8(2012):e42173。“这些发现引出新的观点，即鸟类的鸣声学习的演化发生了两次（一次是在蜂鸟身上，另一次是在鸣禽和鹦鹉的共同祖先身上），而后在亚鸣禽身上消失。”科学家们写道。

159 它们有一种超强的：M.Chakraborty et al,“Core and shell song systems unique to the parrot brain,” *PLoS ONE*(in press,2015).

160 贾维斯表示，这或许是：采访埃里希·贾维斯；E.D.Jarvis,“Selection for and against vocal learning in birds and mammals,” *Ornith Sci* 5(special issue on the neuroecology of birdsong,2006):5—14.

160 贾维斯认为动物的发声学习：G.Arriago and E.D.Jarvis,“Mouse vocal communication system:Are ultrasounds learned or innate?” *Brain Lang* 124(2013):96—116.

160 东京大学的冈之谷一夫：采访埃里希·贾维斯；H.Kagawa et al,“Domestication changes innate constraints for birdsong

learning," *Behav Proc* 106(2014):91—97;K.Okanoya,"The Bengalese finch:A window on the behavioral neurobiology of birdsong syntax study," *Ann N Y Acad Sci* 1016(2006):724—735;K.Suzuki et al,"Behavioral and neural trade-offs between song complexity and stress reaction in a wild and domesticated finch strain," *Neurosci Biobehav Rev* 46,pt.4(2014):547—556.

161 因为歌唱得好：采访埃里希·贾维斯；参见L.Z.Garamszegi et al,"Sexually size dimorphic brains and song complexity in passerine birds," *Behav Ecol* 16,no.2(2004):335—345。

162 长期以来，科学家们一直以为：有证据能够证明这一点：在不列颠哥伦比亚省的一座岩石岛上的一项研究发现，到了首个交配季，能唱更多曲目的歌带鹀雄鸟更容易获得交配机会，雌鸟一旦和能唱多个曲目的雄鸟交配，它们繁殖后代的时间也会提前。 J.M.Reid et al,"Song repertoire size predicts initial mating success in male song sparrows,*Melospiza melodia*," *Anim Behav* 68,no.5(2004):1055—1063.

162 研究显示，许多种鸣禽的雌鸟：J.Podos,"Sexual selection and the evolution of vocal mating signals:Lessons from neotropical birds," in *Sexual Selection:Perspectives and Models from the Neotropics*,ed.R.H.Macedo and G.Machado(Amsterdam:Elsevier Academic Press,2013),341—363.

162 许多鸣禽都有方言：J.Podos and P.S.Warren,"The evolution of geographic variation in birdsong," *Adv Stud Behav* 37(2007):403—458.在最初的几个星期里，主红雀能学会一种新的方言。但在它3个月大以后，方言训练便没有任何效果。它的歌声已定型。

163 根据鸟类学家唐纳德·克鲁兹马：J.Uscher,"The Language of Song:An Interview with Donald Kroodsma," *Scientific America*,July 1,2002,https://www.scientificamerican.com/articl/the-language-of-song-an-I.

163 居住在两个地区的同一种鸟类：P.Marler and M.Tamura,“Song ‘dialects’in three populations of white-crowned sparrows,” *Condor* 64(1962):368—377.

163 前一阵子，罗伯特·佩恩：R.B.Payne et al,“Biological and cultural success of song memes in indigo buntings,” *Ecology* 69(1988):104—117.

163 这和雌鸟有什么关系呢：J.M.Lapierre,“Spatial and age-related variation in use of locally common song elements in dawn singing of song sparrows *Melospiza melodia*:Old males sing the hits,” *Behav Ecol Sociobiol* 65(2011):2149—2160.

164 为了证明这一点，理查德·穆尼：R.Mooney,“Translating birdsong research.”

164 研究显示，斑胸草雀的雌鸟：S.C.Woolley and A.J.Doupe,“Social context-induced song variation affects female behavior and gene expression,” *PLoS Biol* 6(2008):e62.

164 雄性的大苇莺：E.Wegrzyn et al,“Whistle duration and consistency reflect philopatry and harem size in great reed warblers,” *Anim Behav* 79(2010):1363—1392.

165 雄斑苇鹪鹩：E.R.A.Cramer et al,“Infrequent extra-pair paternity in banded wrens,” *Condor* 112(2011):637—645;B.E.Byers,“Extrapair paternity in chestnut-sided warblers is correlated with consistent vocal performance,” *Behav Ecol* 18(2007):130—136.

165 嘲鸫也一样：C.A.Botero et al,“Syllable type consistency is related to age,social status,and reproductive success in the tropical mockingbird,” *Anim Behav* 77,no.3(2009):701—706.

165 科学家们仍试图厘清：以下关于发声技巧指标的讨论来自和内尔吉·布格特的私人通信，2015年4月。

165 金丝雀要唱出“性感”的音节：R.A.Suthers et al,“Bilateral coordination and the motor basis of female preference for sexual signals in canary song,” *JExp Biol* 215(2015):2950—2959.

165 让雌鸟可以以此衡量雄鸟：出处同上。

165 就要回头谈谈雏鸟：S.Nowicki and W.A.Searcy,“Song function and the evolution of female preferences:Why birds sing,why brains matter,” *Ann N YAcad Sci* 1016(2004):704—723.

165 如果这段时间内发生了什么事情：S.Nowicki et al,“Brain development,song learning and mate choice in birds:A review and experimental test of the‘nutritional stress hypothesis,’” *J Comp Physiol A* 188(2002):1003—1014;S.Nowicki et al,“Quality of song learning affects female response to male bird song,” *Proc R Soc B* 269(2002):1949—1954.

166 举例来说，有一项研究显示：H.Brumm et al,“Developmental stress affects song learning but not song complexity and vocal amplitude in zebrafinches” *Behav Ecol Sociobiol* 63,no.9(2009):1387—1395.

166 这种“认知能力假说”：N.J.Boogert et al,“Song complexity correlates with learning ability in zebra finch males,” *Anim Behav* 76(2008):1735—1741;C.N.Templeton et al,“Does song complexity correlate with problemsolving performance in flocks of zebra finches?” *Anim Behav* 92(2014):63—71.

166 圣安德鲁斯大学的内尔吉·布格特：N.J.Boogert et al,“Song complexity correlates with learning ability in zebra finch males,” *Anim Behav* 76(2008):1735—1741;N.J.Boogert et al,“Mate choice for cognitive traits:A review of the evidence in nonhuman vertebrates,” *Behav Ecol* 22(2011):447—459.

166 布格特的研究小组：N.J.Boogert et al,“Song repertoire size in male song sparrows correlates with detour reaching,but not

with other cognitive measures," *Anim Behav* 81(2011):1209—1216.

167 最近，一项关于置身于群体中的斑胸草雀：C.N.Templeton et al,"Does song complexity correlate with problem-solving performance in flocks of zebra finches?" *Anim Behav* 92(2014):63—71.

167 这可能是受到一些因素的影响：内尔吉·布格特，私人通信，2015年4月。

167 不久前……卡洛斯·博特罗：C.A.Botero et al,"Climatic patterns predict the elaboration of song displays in mockingbirds," *Curr Biol* 19,no.13(2009):1151—1155.

167 环境多变：C.A.Botero and S.R.de Kort,"Learned signals and consistency of delivery:A case against receiver manipulation in animal communication,"in *Animal Communication Theory:Information and Influence*,ed.U.Stegmann(New York:Cambridge University Press,2013),281—296;C.A.Botero et al,"Syllable type consistency is related to age,social status and reproductive success in the tropical mockingbird," *Anim Behav* 77,no.3(2009):701—706.

168 正如鸟类学家唐纳德·克鲁兹马所言：D.Kroodsma,*The Singing Life of Birds*,201;Donald Kroodsma,interview with *Birding*,www.aba.org/birding/v41n3p18w1.pdf.

168 交配意向假说：G.F.Miller,*The Mating Mind:How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature*(New York:Doubleday,2000);T.W.Fawcett et al,"Female assessment:Cheap tricks or costly calculations," *Behav Ecol* 22,no.3(2011):462—463.

168 鸟类在春秋两季唱出美妙的歌声时：T.D.Sasaki et al,"Social contextdependent singing-regulated dopamine," *J Neurosci* 26(2006):9010—9014.

168 为了了解哪一个季节的歌声：L.Riters,“Why birds sing:The neural regulation of the motivation to communicate”(SFN conference presentation,November 14—15,2014).

第六章 艺术大师

171 光线斑驳的区域：关于园丁鸟的陈列物品行为的论述源自杰拉尔德·博尔贾和贾森·基吉的研究。我在2012年7月6日采访杰拉尔德·博尔贾，在2015年2月13日与他私人通信，在2015年3月16日与贾森·基吉私人通信。G.Borgia,“Why do bowerbirds build bowers?” *American Scientist* 83(1995):542e547.

172 如果你再看几天：R.E.Hicks et al,“Bower paint removal leads to reduced female visits,suggesting bower paint functions as a chemical signal,” *Anim Behav* 85(2013):1209—1215.

172 尤其是……华丽鸟巢：P.Goodfellow,*Avian Architecture*(Princeton,NJ:Princeton University Press,2011),102.

173 “鸟巢之所以呈圆形”：J.Michelet,*The Birds*,1869,248—250,www.gutenberg.org/eboks/43341.

173 这座鸟巢：New Zealand Birds,http://www.nzbirds.com/birds/fantailnest.html#sthash.

173 它的巢是一个有弹性的袋子：M.Hansell,*Animal Architecture*(Oxford:Oxford University Press,2005),36,71.

173 “一只鸟的鸟巢最能反映出”：C.Dixon,*Birds' Nests:An Introduction to the Science of Caliology*(London:Grant Richards,1902),v.

173 诺贝尔奖得主尼古拉斯·廷伯根：W.H.Thorpe,*Learning and Instinct in Animals*(London:Methuen,1956),36.

174 又表示，他很惊讶：M.Hansell,*Animal Architecture*,71.

174 华美的巢：A.McGowan et al,“The structure and function of nests of longtailed tits *Aegithalos caudatus* ,” *Func Ecol* 18,no.4(2004):578—583.

174 心理学家兼生物学家休·希利：Z.J.Hall et al,“Neural correlates of nesting behavior in zebrafinches(*Taeniopygia guttata*),” *Behav Brain Res* 264(2014):26—33.

174 **2014**年，希利的团队：I.E.Bailey et al,“Physical cognition:Birds learn the structural efficacy of nest material,” *Proc R Soc B* 281,no.1784(2014):20133225.

174 野生的斑胸草雀：R.Zann,*The Zebra Finch:A Synthesis ofField and Laboratory Studies*(New York:Oxford University Press,1996).

174 为了进一步了解这些鸟：I.E.Bailey et al,“Birds build camouflaged nests,” *Auk* 132(2015):11—15.

175 同样地，斑背黑头织雀：E.C.Collias and N.E.Collias,“The development of nest-building behavior in a weaverbird,” *Auk* 81(1964):42—52.

175 园丁鸟科的鸟类非常特别：E.T.Gilliard,*Birds ofParadise and Bower Birds*(Boston:D.R.Godine,1979).

175 雌鸟降落后：关于园丁鸟的舞蹈和发声的描述来自杰拉尔德·博尔贾和贾森·基吉的研究。我在2012年7月6日采访杰拉尔德·博尔贾，在2015年2月13日与博尔贾私人通信；在2015年3月16日与贾森·基吉私人通信。

177 园丁鸟的雄鸟会表现出很极端：杰拉尔德·博尔贾，采访，2012年7月6日。

177 事实也的确如此：出处同上。

177 把平台四周的叶子修剪干净：A.F.Larned et al,“Male satin bowerbirds use sunlight to illuminate decorations to enhance mating success,” Front Behav Neurosci conference abstract:Tenth International Congress of Neuroethology(2012),doi:10.3389/conf.fnbeh.2012.27.00372.

177 “雄鸟会衔起一根枝条”：杰拉尔德·博尔贾，采访；J.Keagy et al,“Cognitive ability and the evolution of multiple behavioral display traits,” *Behav Ecol* 23(2011):448—456.

178 当研究人员故意：J.Keagy et al,“Complex relationship between multiple measures of cognitive ability and male mating success in satin bowerbirds,*Ptilonorhynchus violaceus*,” *Anim Behav* 81(2011):1063—1070.

178 褐色园丁鸟：P.Rowland,*Bowerbirds*(Melbourne:CSIRO Publishing,2008).

179 散发出的淡红色光芒：J.A.Endler et al,“Visual effects in great bowerbird sexual displays and their implications for signal design,” *Proc R Soc B* 281(2014):20140235.

179 根据……约翰·恩德勒：约翰·恩德勒，私人通信，2015年1月18日和2月3日；J.A.Endler et al,“Great bowerbirds create theaters with forced perspective when seen by their audience,” *Curr Biol* 20,no.18(2010):1679—1684.

180 可能只是不断尝试摸索的结果：约翰·恩德勒，私人通信，2015年1月18日和2月3日。

180 有一点我们可以确定：引自恩德勒,http://www.deakin.edu.au/research/stories/2012/01/23/males-up-to-their-old-tricks。

180 大亭鸟非常坚持自己的设计：L.A.Kelley and J.A.Endler,“Male great bowerbirds create forced perspective illusions with consistently different individual quality,” *PNAS* 109,no.51(2012):20980—20985.

181 一些调查结果显示，蓝色：S.E.Palmer and K.B.Schloss,“An ecological valence theory of human color preference,” *PNAS* 107,no.19(2010):8877—8882.

181 在大自然中，蓝色之所以如此稀少：J.T.Bagnara et al,“On the blue coloration of vertebrates,” *Pigment Cell Res* 20,no.1(2007):14—26.

181 博尔贾的研究小组运用：参见视频“Destruction and stealing”,http://www.life.umd.edu/biology/borgialab/#Videos。

182 有些观察人士甚至说：A.J.Marshall,“Bower-birds,” *Biol Rev* 29,no.1(1954):1—45.

182 缎蓝园丁鸟拼命清除：J.Keagy et al,“Male satin bowerbird problemsolving ability predicts mating success,” *Anim Behav* 78(2009):809—817;J.Keagy et al,“Complex relationship between multiple measures of cognitive ability and male mating success in satin bowerbirds,*Ptilonorhynchus violaceus* ,” *Anim Behav* 81(2011):1063—1070;J.Keagy et al,“Cognitive ability and the evolution of multiple behavioral display traits,” *Behav Ecol* 23(2012):448—456.

182 大多数雄鸟解决问题的方式：参见贾森·基吉的视频，https://www.youtube.com/watch?v＝kn0VsIdD1AA。

183 恩德勒认为：J.Endler,“Bowerbirds,art and aesthetics,” *Commun Integr Biol* 5,no.3(2012):281—283.

183 鸟类学家理查德·普鲁姆：R.O.Prum,“Coevolutionary aesthetics in human and biotic artworlds,” *Biol Phil*

28,no.5(2014):811—832.

183 博物学家兼电影制作人海因茨·西尔曼：K.von Frisch,*Animal Architecture*(New York:Harcourt Brace,1974),243—244.

184 根据博尔贾和基吉的说法：G.Borgia and J.Keagy,"Cognitively driven co-option and the evolution of complex sexual display in bowerbirds," in *Animal Signaling and Function:An Integrative Approach*,ed.D.Irschick et al.(New York:John Wiley and Sons,2015),75—101;贾森·基吉，私人通信，2015年3月16日。

184 动物行为学家盖尔·帕特里切利：盖尔·帕特里切利，私人通信，2015年3月8日。

185 为了观察不同的雄鸟如何处理：G.L.Patricelli et al,"Male satin bowerbirds,*Ptilonorhynchus violaceus*,adjust their display intensity in response to female startling:An experiment with robotic females," *Anim Behav* 71(2006):49—59;G.Patricelli et al,"Male displays adjusted to female's response:Macho courtship by the satin bowerbird is tempered to avoid frightening the female," *Nature* 415(2002):279—280.

185 这或许就像鸣禽学习鸣唱一样：S.Nowicki et al,"Brain development,song learning and mate choice in birds:A review and experimental test of the'nutritional stress hypothesis,'" *J Comp Physiol A* 188(2002):1003—1014;S.Nowicki et al,"Quality of song learning affects female response to male bird song," *Proc R Soc B* 269(2002):1949—1954.

185 "年轻的雄鸟造的亭子"：杰拉尔德·博尔贾，采访，2012年7月6日。

186 "未成年的园丁鸟用的枝条"：贾森·基吉，私人通信，2015年3月16日。186（研究人员把雄鸟亭子里）：R.E.Hicks,"Bower paint removal leads to reduced female visits,suggesting bower paint functions as a chemical signal," *Anim*

Behav 85(2013):1209—1215.

186 雌鸟则必须有相当的智力：J.Keagy et al,“Male satin bowerbird problemsolving ability predicts mating success,” *Anim Behav* 78(2009):809—817;J.Keagy et al,“Complex relationship between multiple measures of cognitive ability and male mating success in satin bowerbirds,*Ptilonorhynchus violaceus*,” *Anim Behav* 81(2011):1063—1070.

186 正如基吉所言：贾森·基吉，私人通信，2015年3月16日；C.Rowe and S.D.Healy,“Measuring variation in cognition,” *Behav Ecol*(2014),doi:10.1093/beheco/aru090.

187 它得……做个比较：关于雌园丁鸟回忆往年追求者的信息，参见J.A.C.Uy et al,“Dynamic mate-searching tactic allows female satin bowerbirds *Ptilonorhynchus violaceus* to reduce searching,” *Proc R Soc B* 267(2000):251—256。

187 “这就像是招聘员工一样”：盖尔·帕特里切利，私人通信，2015年3月8 日。

187 雄鸟所展示出的许多特质当中：J.Keagy et al,“Cognitive ability and the evolution of multiple behavioral display traits,” *Behav Ecol* 23(2012):448—456;G.Borgia,“Bower quality,number of decorations and mating success of male satin bowerbirds(*Ptilonorhynchus violaceus*):An experimental analysis,” *Anim Behav* 33(1985):266—271;C.A.Loffredo and G.Borgia,“Male courtship vocalizations as cues for mate choice in the satin bowerbird(*Ptilonorhynchus violaceus*),” *Auk* 103(1986):189—195.

188 （科学研究表明）：M.D.Prokosch,“Intelligence and mate choice:Intelligent men are always appealing,” *Evol Hum Behav* 30(2009):11—20.

188 这是达尔文的危险理论：R.O.Prum,“Aesthetic evolution by mate choice:Darwin’s *really* dangerous idea,” *Philos Trans R Soc Lond B* 367(2012):2253—2265.

188 罗纳德·费舍尔尔：这就是所谓的“失控性选择”模型，或者“性感后代”模型，因为雌鸟选择和“性感”的雄鸟交配，繁衍的后代雄鸟保留“性感”特征，拥有更多交配机会，由此“性感”基因和雌鸟对“性感”雄鸟的偏好得以保留。盖尔·帕特里切利，私人通信，2015年3月8日。

189 雄性动物可能……逐渐演化出：C.Darwin,*The Descent ofMan*(London:John Murray,1871),793.

189 几年前，他测试了：S.Watanabe,“Animal aesthetics from the perspective of comparative cognition,” in S.Watanabe and S.Kuczaj,eds,*Emotions of Animals and Humans*(Tokyo:Springer,2012),129;S.Watanabe et al,“Discrimination of paintings by Monet and Picasso in pigeons,” *J Exp Anal Behav* 63(1995):165—174;S.Watanabe,“Van Gogh,Chagall and pigeons,” *Anim Cogn* 4(2001):147—151.

190 为了了解鸟类是否能够：S.Watanabe,“Pigeons can discriminate ‘good’and ‘bad’ paintings by children,” *Anim Cogn* 13,no.1(2010):75—85.

190 为了解答这个问题，渡边茂：Y.Ikkatai and S.Watanabe,“Discriminative and reinforcing properties of paintings in Java sparrows(*Padda oryzivora*),” *Anim Cogn* 14,no.2(2011):227—234.

190 但渡边茂想探讨的：S.Watanabe,“Discrimination of painting style and beauty:Pigeons use different strategies for different tasks,” *Anim Cogn* 14,no.6(2011):797—808.

190 给鸽子看一些：R.E.Lubow,“High-order concept formation in the pigeon,” *J Exp Anal Behav* 21(1973):475—483.

190 它们也能够光凭视觉：C.Stephan et al,“Have we met before? Pigeons recognize familiar human face,” *Avian Biol Res* 5,no.2(2012):75.

191 为了了解赢家：J.Barske et al,“Female choice for male motor skills,” *Proc R Soc B* 278,no.1724(2011):3523—3528.

191 科学家们在检查：L.B.Day et al,“Sexually dimorphic neural phenotypes in golden-collared manakins,” *Brain Behav Evol* 77(2011):206—218.

191 他们在进一步研究几个不同品种：W.R.Lindsay et al,“Acrobatic courtship display coevolves with brain size in manakins(*Pipridae*),” *Brain Behav Evol*(2015),doi:10.1159/000369244.

192 不过有3种园丁鸟：杰拉尔德·博尔贾，私人通信；B.J.Coyle etal,“Limited variation in visual sensitivity among bowerbird species suggests that there is no link between spectral tuning and variation in display colouration,” *J Exp Biol* 215(2012):1090—1105.

192 不过，鸟类也可能根据一些：例如，各种动物都偏好身体两侧镜像对称的、平衡的伴侣，这是有一定道理的。在自然界，对称性大都传达着重要信息。就动植物而言，对称意味着健康，表明物种没有受到变异、疾病和环境压力（例如极端气温或食物匮乏）带来的损害。

192 20世纪50年代的一些实验：B.Rensch,“Die wirksamkeit ästhetischer faktoren bei wirbeltieren,” *Z Tierpsychol* 15(1958):447—461.

193 诺贝尔奖得主卡尔·冯·弗里希：K.von Frisch,*Animal Architecture*(New York:Harcourt Brace,1974),244.

第七章 心中的地图

195 这大致上就是不久前发生在：K.Thorup et al,“Evidence for a navigational map stretching across the continental U.S.in a migratory songbird,” *PNAS* 104,no.46(2008):18115—18119.

196 朱莉娅·弗兰肯斯坦：J.Frankenstein,“Is GPS All in Our Heads?” *New York Times*,Sunday Review,February 2,2012.

197 有时被称为“穷人的赛马”：关于赛鸽的信息来自W.M.Levi,*The Pigeon*(Sumter,SC:Levi Publishing Co,1941/1998)。

197 2002年4月的一个早晨：“Racing Pigeon Returns—Five Years Late,” *Manchester Evening News,* May 7,2005.

197 那次比赛是为了庆祝：J.T.Hagstrum,“Infrasound and the avian navigational map,” *J Exp Biol* 203(2000):1103—1111;J.T.Hagstrum,“Infrasound and the avian navigational map,” *J Nav* 54(2001):377—391;J.T.Hagstrum,“Atmospheric propagation modeling indicates homing pigeons use loftspecific infrasonic ‘map’ cues,” *J Exp Biol* 216(2013):687—699.

198 《纽约时报》的报道：“The Longest Flight on Record,” *New York Times*,August 3,1885.

198 英吉利海峡……过了1年之后：G.Ensley,“Case of the 3,600 disappearing homing pigeons has experts baffled,” *Chicago Tribune*,October 18,1998.

198 的确，赛鸽偶尔会像：语出C.沃尔科特，转引自G.恩斯利，出处同上。

199 身躯娇小的白颊林莺：J.Lathrop,“Tiny songbird discovered to migrate non-stop,1,500 miles over the Atlantic,” news report,University of Massachusetts,Amherst,April 1,2015.

200 的确，鸽子前脑：L.N.Voronov et al,“A comparative study of the morphology of forebrain in corvidae in view of their trophic specialization,” *Zool Z* 73(1994):82—96.

200 它们偶尔也会不小心：W.M.Levi,*The*

Pigeon(Sumter,SC:Levi Publishing Co,1941/1998),374.

200 不过，一位鸽子专家指出：出处同上，第374页。

200 如果有些筑巢材料：“不过这个评价并不公正，因为鸽子的巢总是很整洁，而麻雀筑的巢则是出了名地凌乱。”出处同上。

200 它们在数字方面颇为擅长：D.Scarf et al,“Pigeons on par with primates in numerical competence,” *Science* 334(2011):1664.

200 研究人员让鸽子在实验中：W.T.Herbranson and J.Schroeder,“Are birds smarter than mathematicians? Pigeons(*Columba livia*) perform optimally on a version of the Monty Hall Dilemma,” *J Comp Psychol* 124(2010):1—13.

201 （讨论到蒙蒂·霍尔困境）：M.vos Savant,“Ask Marilyn,” *Parade*,September 9,1990;December 2,1990;February 17,1991;July 7,1991.

201 它们最初只是随机选：沃尔特·赫布兰森，私人通信，2015年6月4日。

201 要像这样做出正确的选择：人们可以用古典概率或经验概率来解决这个问题，在蒙蒂·霍尔困境中，人类倾向于使用古典概率，只是使用的方法不对。另一方面，鸽子在面对这个问题时可能使用的是经验概率。

201 美国心理学家威廉·詹姆斯：W.James,*Principles of Psychology*,vol.1(New York:Holt,1890),459—460.

201 它不仅能够以极高的正确率：I.M.Pepperberg,“Acquisition of the same/different concept by an African grey parrot(*Psittacus erithacus*):Learning with respect to categories of color,shape,and material,” *Anim Learn Behav* 15(1987):423—432;艾琳·佩珀格林，私人通信，2015年5月8日。

202 鸽子也很擅长辨识：M.J.Morgan et al,“Pigeons learn the concept of an‘A’,” *Perception* 5(1976):57—66;S.Watanabe,“Discrimination of painting style and beauty:Pigeons use different strategies for different tasks,” *Anim Cogn* 14,no.6(2011):797—808;S.Watanabe and S.Masuda,“Integration of auditory and visual information in human face discrimination in pigeons,” *Behav Brain Res* 207,no.1(2010):61—69.

202 它们能够区分照片中：R.J.Herrnstein and D.H.Loveland,“Complex visual concept in the pigeon,” *Science* 146,no.3643(1964):549—551.

202 也能熟练辨识：F.A.Soto W.A.Wasserman,“A symmetrical interactions in the perception of face identity and emotional expression are not unique to the primate visual system,” *J Vision* 11,no.3(2011):24.

202 它们还能学会并记住：J.Fagot and R.G.Cook,“Evidence for large longterm memory capacities in baboons and pigeons and its implications for learning and the evolution of cognition,” *PNAS* 103(2006):17564—17567.

202 鸽子育种的历史非常悠久：W.M.Levi,*The Pigeon*,37.

203 根据《鸽子》：出处同上，第1页。

203 “有文明的地方”：出处同上。

204 亲爱的朋友：出处同上，第11页。

204 还有一只名叫威尔逊总统的鸽子：出处同上，第10页及以后各页。

204 苏格兰的温基：出处同上，第8页。

204 在第二次世界大战的高峰：语出技术军士克利福德·普特雷，转引自 *Amarillo Globe Times*,1941年4月,http://www.newspapers.com/newspage/29783097/。

204 最有名的信鸽之一：W.M.Levi,*The Pigeon*,26.

204 古巴的政府官员：http://www.cadenagramonte.cu/english/index.php/show/articles/1901:carrier-pigeons-an-alternative-communication-means-atcuban-elections;M.Moore,“China trains army of messenger pigeons,” *The Telegraph*,March 2,2011.

205 “经常有人声称”：C.Dickens,“Winged Telegraphs,” *London Household Word*,February 1850,454—456.

205 但现在我们知道情况并非如此：H.G.Wallraff,“Does pigeon homing depend on stimuli perceived during displacement?” *J Comp Physiol* 139(1980):193—201.

205 但真正的导航：以下关于真正的导航的资料来自对该领域目前进展的综述：Richard Holland,“True navigation in birds:From quantum physics to global migration,” *J Zool* 293(2014):1—15。

206 根据……查尔斯·沃尔科特：C.Walt,“Pigeon homing:Observations,experiments and confusions,” *J Exp Biol* 199(1996):21—27;Charles Walcott quote from report on lecture to Lafayette Racing Pigeon Club,http://www.siegelpigeons.com/news/news-walcott.html.

207 40年前，康奈尔大学的威廉·基顿：W.T.Keeton,“Magnets interfere with pigeon homing,” *PNAS* 8,no.1(1971):102—106.

207 这项发现是20世纪60年代：首篇研究磁场和欧亚鸲关系的论文：W.Wiltschko and R.Wiltschko,“Magnetic compass of European robins,” *Science* 176,no.4030(1972):62—64。

207 “只用身体感应”：H.Mouritsen in *Neurosciences:From Molecule to Behavior*(Berlin:Springer Spektrum,2013),http://link.springer.com/chapt er/10.1007/978-3-642-10769-6_20.

207 有人提出一个理论：M.Zapka et al,“Visual but not trigeminal mediation of magnetic compass information in a migratory bird,” *Nature* 461(2009):1274—1277.

208 这种能力似乎与：出处同上；M.Liedvogel et al,“Lateralized activation of cluster N in the brains of migratory songbirds,” *Eur J Neurosci* 25,no.4(2007):1166—1173。

208 不久前，科学家们以为：W.Wiltschko and R.Wiltschko,“Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals,” *J Comp Physiol A* 191(2005):675—693;R.Wiltschko and W.Wiltschko,“Magnetoreception,” *BioEssays* 28,no.2(2006):157—168;R.Wiltschko et al,“Magnetoreception in birds:Different physical processes for two types of directional responses,” *HFSP J* 1,no.1(2007):41—48.

208 但是当他们进一步检视：C.D.Treiber et al,“Clusters of iron-rich cells in the upper beaks of pigeons are macrophages not magnetosensitive neurons,” *Nature* 484,no.7394(2012):367—370.

208 新证据显示：R.Wiltschko and W.Wiltschko,“The magnetite-based receptors in the beak of birds and their role in avian navigation,” *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol* 199(2013):89—99;D.Kishkinev et al,“Migratory reed warblers need intact trigeminal nerves to correct for a 1,000 km eastward displacement,” *PLoS ONE* 8(2013):e65847.

208 如果把……神经切断：D.Kishkinev et al,“Migratory reed warblers need intact trigeminal nerves to correct for a 1,000 km eastward displacement,” *PLoS ONE* 8(2013):e65847.

209 微小铁粒子：M.Lauwers et al,“An iron-rich organelle in

the cuticular plate of avian hair cells," *Curr Biol* 23,no.10(2013):924—929.每一种鸟，无论是鸽子还是鸵鸟，都有毛细胞，毛细胞内有微小铁粒子。科学家最近发现了鸽子脑干中的一组细胞，它们能够记录磁场的方向和强度信息，这些信息似乎来自鸟类的内耳。也许内耳中的单个神经元能够探测磁场的方向、强度和极性，并传递这些信息，其作用相当于鸽子体内的GPS。

209 不过，信鸽的内耳被移除后：H.G.Wallraff,"Homing of pigeons after extirpation of their cochleae and lagenae," *Nat NewBiol* 236(1972):223—224.

209 **2014**年，莫里特森：S.Engels et al,"Anthropogenic electromagnetic noise disrupts magnetic compass orientation in a migratory bird," *Nature* 509(2014):353—356.

209 过去很长时间以来，科学家们：R.Wiltschko and W.Wiltschko,"Avian navigation:From historical to modern concepts," *Anim Behav* 65,no.2(2003):257—272.

209 这样的想法形成于**20**世纪**40**年代：E.C.Tolman,"Cognitive maps in rats and men," first published in *Psychological Review* 55,no.4(1948):189—208.

210 （那些追随托尔曼）：T.Lombrozo,"Of rats and men:Edward C.Tolman," *13.7 Cosmos ＆Culture*(blog),*NPR*,February 11,2013,http://www.npr.org/blogs/13.7/2013/02/11/171578224/of-rats-and-men-edward-c-tolman.

210 托尔曼认为人类：E.C.Tolman,"Cognitive maps in rats and men," first published in *Psychological Review* 55,no.4(1948):189—208.

210 鸽子就像那些老鼠一样：R.H.I.Dale,"Spatial memory in pigeons on a four-arm radial maze," *Can J Psychology* 42,no.1(1988):78—83;M.L.Spetch and W.K.Honig,"Characteristics of pigeons' spatial working memory in an open-field task," *Anim Learn Behav* 16(1988):123—131.

210 其中的翘楚便是：K.L.Gould et al,“What scatter-hoarding animals have taught us about small-scale navigation,” *Philos Trans R Soc Lond B* 365(2010):901—914.

211 它们会记得每一个贮藏地点：B.M.Gibson and A.C.Kamil,“The finegrained spatial abilities of three seed-caching corvids,” *Learn Behav* 33,no.1(2005):59—66;A.C.Kamil and K.Cheng,“Way-finding and landmarks:The multiple-bearings hypothesis,” *J Exp Biol* 204(2001):103—113.

211 但10次里有7次：B.M.Gibson and A.C.Kamil,“The fine-grained spatial abilities of three seed-caching corvids”;D.F.Tomback,“How nutcrackersfind their seed stores,” *Condor* 82(1980):10—19.

211 有人提出了一种理论：A.C.Kamil and J.E.Jones,“The seed-storing corvid Clark’s nutcracker learns geometric relationships among landmarks,” *Nature* 390(1997):276—279;A.C.Kamil and J.E.Jones,“Geometric rule learning by Clark’s nutcrackers(*Nucifraga columbiana*),” *J Exp Psychol Anim Behav Process* 26(2000):439—53;P.A.Bednekoff and R.P.Balda,“Clark’s nutcracker spatial memory:The importance of large,structural cues,” *Behav Proc* 102(2014):12—17.

212 一系列很有创意的实验：N.S.Clayton and A.Dickinson,“Episodic-like memory during cache recovery by scrub jays,” *Nature* 395(1998):272—274;J.M.Dally et al,“The behaviour and evolution of cache protection and pilferage,” *Anim Behav* 72(2006):13—23.

212 鸟类似乎像人类一样：出处同上。

212 为了了解西丛鸦是否会：C.R.Raby et al,“Planning for the future by western scrub-jays,” *Nature* 445,no.7130(2007):919—921.

213 “‘预先体验’未来”：L.G.Cheke and N.S.Clayton,“Eurasian

jays(*Garrulus glandarius*) overcome their current desires to anticipate two distinct future needs and plan for them appropriately," *Biol Lett* 8(2012):171—175.

213 凭借它的空间记忆力：S.Watanabe and N.S.Clayton,"Observational visuospatial encoding of the cache locations of others by western scrub-jays(*Aphelocoma californica*)," *J Ethol* 25(2007):271—279;J.M.Thom and N.S.Clayton,"Re-caching by western scrub-jays(*Aphelocoma californica*) cannot be attributed to stress," *PLoS ONE* 8,no.1(2013):e52936.

214 显然不是凭借花朵的颜色：S.D.Healy and T.A.Hurly,"Spatial memory in rufous hummingbirds(*Selaphorus rufus*):A field test," *Anim Learn Behav* 23(1995):63—68.

214 身形迷你，体色呈亮橘色：康奈尔鸟类学实验室网站，http://www.allaboutbirds.org/guide/rufous_hummingbird/id。

215 希利最近所做的实验显示：I.N.Flores-Abreu et al,"One-trial spatial learning:Wild hummingbirds relocate a reward after a single visit," *Anim Cogn* 15,no.4(2012):631—637.

215 回到原先所在的地点：M.Bateson et al,"Context-dependent foraging decisions inrufous hummingbirds," *Proc R Soc B* 270(2003):1271—1276.

215 它们还能记住每一朵花：S.D.Healy,"What hummingbirds can tell us about cognition in the wild," *Comp Cogn Behav* 8(2013):13—28.

215 希利的研究显示：新研究表明，蜂鸟定位使用的并非地形线索，而是各种细微的视觉线索，包括地标：T.A.Hurly et al,"Wild hummingbirds rely on landmarks not geometry when learning an array of flowers," *Anim Cogn* 17,no.5(2014):1157—1165。

215 过去并没有人：N.Blaser et al,"Testing cognitive

navigation in unknown territories:Homing pigeons choose different targets," *J Exp Biol* 216,pt.16(2013):3213—3231.

217 大脑的活动现象：J.O'Keefe and L.Nadel,*The Hippocampus as a Cognitive Map*(Oxford:Oxford University Press,1978).

217 最新的研究显示：J.F.Miller,"Neural activity in human hippocampal formation reveals the spatial context of retrieved memories," *Science* 342(2013):1111—1114.

217 海马体较大的鸟类：T.C.Roth et al,"Is bigger always better? A critical appraisal of the use of volumetric analysis in the study of the hippocampus," *Philos Trans R Soc Lond B* 365(2010):915—931.

217 相对于它们的整个脑子：B.J.Ward et al,"Hummingbirds have a greatly enlarged hippocampal formation," *Biol Lett* 8(2012):657—659.沃德暗示其他因素可能有助于蜂鸟体内的海马结构增大——例如它们的悬停飞行，这有助于形成"独特的大脑形态"。这也有可能是"蜂鸟体内海马区域相对于嗅脑区域尺寸缩小的结果"。（第658页）

217 有巢寄生行为的鸟：J.R.Corfield et al,"Brain size and morphology of the brood-parasitic and cerophagous honeyguides(Aves:Piciformes)," *Brain Behav Evol* 81,no.3(2013):170—186.

217 "这是有道理的"：路易斯·勒菲弗，采访，2012年2月。

218 牛鹂雌鸟的海马体：M.F.Guigueno et al,"Female cowbirds have more accurate spatial memory than males," *Biol Lett* 10,no.2(2014):20140026.

218 信鸽的海马体：G.Rehkämper et al,"Allometric comparison of brain weight and brain structure volumes in different

breeds of the domestic pigeon,*Columba livia* f.d.(fantails,homing pigeons,strassers),” *Brain Behav Evol* 31,no.3(1988):141—149.

218 不久前，有一群科学家：J.Cnotka et al,“Navigational experience affects hippocampus size in homing pigeons,” *Brain Behav Evol* 72(2008):233—238.

219 无论如何，鸽子海马体的大小：作为对比，弗拉迪米尔·普拉沃苏多夫和他的团队研究海马体在鸟类食物储藏行为中的作用时，认为“大脑的许多特质（即成体神经元数量）难以重塑，并且在不同环境下也不会变化”。他说：“换句话说，这些特质可遗传，种群间差异可能源于自然选择对记忆的作用，而非物种个体对变化的环境做出调整的产物。” V.普拉沃苏多夫，私人通信，2015年1月。

219 英国的科学家：K.Woollett and E.A.Maguire,“Acquiring ‘the Knowledge’of London’s layout drives structural brain changes,” *Curr Biol* 21(2011):2109—2114.

219 而伦敦是公认的：M.Harris,“Nokia says London is most confusing city,” *Tech Radar*,November 27,2008,http://www.techradar.com/us/news/world-oftech/phone-and-communications/mobile-phones/car-tech/satnav/nokia-sayslondon-is-most-confusing-city-489141.

219 通过实验，科学家发现：但是获得这样的知识可能要付出代价。这些擅长认路的出租车司机在其他种类的空间记忆测试中（这些测试包含获取或检索新的视觉空间信息）表现不佳，这是由于他们大脑前海马体的灰质较少。

219 事实上，当……研究人员：K.Konishi and V.Bohbot,“Spatial navigational strategies correlated with gray matter in the hippocampus of healthy older adults tested in avirtual maze,” *Front Aging Neurosci* 5(2013):1.

220 哈佛大学的物理学教授约翰·胡思：J.Huth,“Losing our way in the world,” *New York Times*,Sunday Review,July 20,2013.

221 （我发现了一件有意思的事情）：L.Boroditsky,“Lost in Translation,” *Wall Street Journal*,July 23,2010;L.Boroditsky,“How language shapes thought,” *Scientific America*,February 2011.

221 它们虽然没有随身携带：A.Michalik et al,“Star compass learning:How long does it take?” *J Ornithol* 155(2014):225—234.

221 就连蜣螂：M.Dacke,“Dung beetles use the Milky Way for orientation,” *Curr Biol* 23,no.4(2013):298—300.

223 那些白冠带鹀：K.Thorup et al,“Evidence for a navigational map stretching across the continental U.S.in a migratory songbird,” *PNAS* 104,no.46(2007):18115—18119.

223 那次实验也显示：20世纪50年代有一项研究椋鸟的著名实验，研究者在荷兰境内抓了1.1万只正在迁徙的椋鸟，把它们运到瑞士。之后成鸟出现在英国南部和法国西北部的常规越冬地，幼鸟出现在前者的西南方向。托鲁普和霍兰说，“这相当于它们正常经过荷兰的迁徙路线”。本书中提到的白冠带鹀实验印证了此前的椋鸟实验。

223 没有经验的美洲鹤：T.Mueller et al,“Social learning of migratory performance,” *Science* 341,no.6149(2013):999—1002.这项研究发现，与靠自己辨认方向的幼鸟相比，跟着成鸟飞的美洲鹤幼鸟偏离航道的情况要少40%。幼鸟跟着正确航道的能力每年都在稳步增长，直到它们长到5岁。

224 我们之所以知道这一点：K.Thorup and R.A.Holland,“Understanding the migratory orientation program of birds:Extending laboratory studies to study free-flying migrants in a natural setting,” *Integ Comp Biol* 50,no.3(2010):315—322.

224 黄昏时的偏振光：偏振光的参数在候鸟迁徙导航中发挥关键作用。许多种夜行性候鸟在日落或日落之后开始飞行。偏振光参数显然为候鸟首次迁徙提供了导航信息。

224 在一次位移实验中：R.Mazzeo,“Homing of the Manx shearwater,” *Auk* 70(1953):200—201.

225 要运用这些逐渐变化的数值：R.A.Holland,“True navigation in birds:From quantum physics to global migration,” *J Zool* 293(2014):1—15.

225 霍兰和他的一位同事：R.A.Holland and B.Helm,“A strong magnetic pulse affects the precision of departure direction of naturally migrating adult but not juvenile birds,” *J R Soc Interface*(2013),doi:10.1098/rsif.2012.1047.

225 这项实验是由尼基塔·切尔涅佐夫：D.Kishkinev et al,“Migratory reed warblers need intact trigeminal nerves to correct for a 1,000 km eastward displacement,” *PLoS ONE* 8,no.6(2013):e65847.

226 乔恩·哈格斯特鲁姆：J.T.Hagstrum,“Infrasound and the avian navigational map,” *J Exp Biol* 203(2000):1103—1111;J.T.Hagstrum,“Infrasound and the avian navigational map,” *J Nav* 54(2001):377—391;J.T.Hagstrum,“Atmospheric propagation modeling indicates homing pigeons use loftspecific infrasonic ‘map’ cues,” *J Exp Biol* 216(2013):687—699.

226 那是在**2014年4月**：H.M.Streby et al,“Tornadic storm avoidance behavior in breeding songbirds,” *Curr Biol*(2014),doi:10.1016/j.cub.2014.10.079.

227 “我们用眼睛看风景”：J.T.哈格斯特鲁姆，私人通信，2014年1月13日。

227 “这种奇闻逸事般的说法”：亨里克·莫里特森，私人通信，2015年3月5日。

228 哈格斯特鲁姆对此很感兴趣：J.T.Hagstrum,“Atmospheric propagation modeling indicates homing

pigeons use loft-specific infrasonic ‘map’ cues,” *JExp Biol* 216(2013):687—699.

228 “这样的证据太过薄弱”：R.A.Holland,“True navigation in birds:From quantum physics to global migration,” *J Zool* 293(2014):1—15;理查德·霍兰，私人通信，2015年3月23日。

228 气味线索或许能够：F.Papi et al,“The influence of olfactory nerve section on the homing capacity of carrier pigeons,” *Monit Zool Ital* 5(1971):265—267.

228 大约在同一时期：H.G.Wallraff,“Weitere volierenversuche mit brieftauben:Wahrscheinlicher einfluss dynamischer faktorender atmosphare auf die orientierung,” *Z Vgl Physiol* 68(1970):182—201.

229 这个现象和：B.L.Finlay and R.B.Darlington,“Linked regularities in the development and evolution of mammalian brains,” *Science* 268(1995):1578.

229 几乎所有的脊椎动物：K.E.Yopak et al,“A conserved pattern of brain scaling from sharks to primates,” *PNAS* 107,no.29(2010):12946—12951.

229 鸟类正是如此：S.Healy and T.Guilford,“Olfactory bulb size and nocturnality in birds,” *Evolution* 44,no.2(1990):339.

230 “某套器官异常发达”：C.H.Turner,“A few characteristics of the avian brain,” *Science XIX* ,no.466(1892):16—17.

230 科学家们……植入电极：M.H.Sieck and B.M.Wenzel,“Electrical activity of the olfactory bulb of the pigeon,” *Electroenceph Clin Neurophysiol* 26(1969):62—69.

230 蓝鹱：F.Bonadonna,“Evidence that blue petrel,*Halobaena caerulea*,fledglings can detect and orient to

dimethyl sulfide," *J Exp Biol* 209(2006):2165—2169.

230 它们在黑暗的洞穴里筑巢：F.Bonadonna,"Could osmotaxis explain the ability of blue petrels to return to their burrows at night?" *J Exp Biol* 204(2001):1485—1489.

230 青山雀哺育幼鸟：L.Amo et al,"Predator odour recognition and avoidance in a songbird," *Funct Ecol* 22(2008):289—293.

230 凭着嗅觉找到：A.Mennarat,"Aromatic plants in nests of the blue tit *Cyanistes caeruleus* protect chicks from bacteria," *Oecologia* 161,no.4(2009):849—855.

230 一种名叫凤头海雀：S.P.Caro and J.Balthazart,"Pheromones in birds:Myth or reality?" *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol* 196,no.10(2010):751—766.

231 斑胸草雀的嗅球虽小：E.T.Krause et al,"Olfactory kin recognition in a songbird," *Biol Lett* 8,no.3(2012):327—329.

231 身为认知与大脑演化领域的专家：L.F.Jacobs,"From chemotaxis to the cognitive map:The function of olfaction," *Proc Natl Acad Sci* 109(2012):10693—10700.

231 安娜·加利亚尔多：A.Gagliardo et al,"Oceanic navigation in Cory's shearwaters:Evidence for a crucial role of olfactory cues for homing after displacement," *J Exp Biol* 216(2013):2798—2805.

232 为了了解它们是如何做到的：出处同上。

232 根据帕皮：F.Papi,*Animal Homing*(London:Chapman & Hall,1992);H.G.Wallraff,*Avian Navigation:Pigeon Homing as a Paradigm*(Berlin:Springer,2005).

232 第一个部分是一幅低分辨率：L.F.Jacobs,“From chemotaxis to the cognitive map:The function of olfaction,” *Proc Natl Acad Sci* 109(2012):10693—10700.

232 瓦尔拉夫……采集：H.G.Wallraff and M.O.Andreae,“Spatial gradients in ratios of atmospheric trace gases:A study stimulated by experiments on bird navigation,” *Tellus B Chem Phys Meteorol* 52(2000):1138—1157;H.G.Wallraff,“Ratios among atmospheric trace gases together with winds imply exploitable information for bird navigation:A model elucidating experimental results,” *Biogeosciences* 10(2013):6929—6943.

233 有一项研究发现：P.E.Jorge et al,“Activation rather than navigational effects of odours on homing of young pigeons,” *Curr Biol* 19(2009):1—5.

233如果这项研究结论正确：R.A.Holland,“True navigation in birds:From quantum physics to global migration,” *J Zool* 293(2014):1—15.

233 不过，不久前霍兰和他的研究小组：R.A.Holland et al,“Testing the role of sensory systems in the migratory heading of a songbird,” *J Exp Biol* 212(2009):4065—4071.

233 此外，曾有科学家检视：A.Rastogi et al,“Phase inversion of neural activity in the olfactory and visual systems of a night-migratory bird during migration,” *Eur J Neurosci* 34(2011):99—109.

234 布莱泽在研究信鸽时发现：N.Blaser et al,“Testing cognitive navigation in unknown territories:Homing pigeons choose different targets,” *J Exp Biol* 216,pt.16(2013):3213—3231.

234 如果一只鸽子：C.Walcott,“Multi-modal orientation in homing pigeons,” *Integr Comp Bio* 45(2005):574—581.

234 还有一只鸽子在长途飞行时：出处同上。

235 “人类很善于认知整合”：M.Shanahan,“The brain’s connective core and its role in animal cognition,” *Philos Trans R Soc Lond B* 367,no.1603(2012):2704—2714.

236 为了了解鸟脑内：M.Shanahan et al,“Large-scale network organisation in the avian forebrain:A connectivity matrix and theoretical analysis,” *Front Comput Neurosci* 7,no.89(2013),doi:10.3389/fncom.2013.00089240.

第八章 如麻雀般活跃

240 在他所撰写的：T.R.Anderson,*Biology of the Ubiquitous House Sparrow*(Oxford:Oxford University Press,2006),9.

240 人类走到哪里，它们便跟到哪里：S.Steingraber,“The fall of a sparrow,” *Orion Magazine*,2008.

240 人类世：A.D.Barnosky et al,“Has the earth’s sixth mass extinction already arrived?” *Nature* 471(2011):51—57.

240 一直是鸟类栖息地：R.E.Green,“Farming and the fate of wild nature,”*Science*307(2005):550.“如今，农业是全球鸟类面临的最严重的威胁之一。”格林说。地表大约有一半的土地已被改造为农耕用地或牧场，在改造过程中有一半以上的森林消失。不论是目前还是可预期的将来，农业都是鸟类生存的主要威胁，尤其是在发展中国家。

241 鸟类学家皮特·邓恩：P.Dunn,*Essential Field Guide Companion*(Boston:Houghton Mifflin,2006),679.

241 它们的数量却高达几百万：关于家麻雀大范围扩张的资料来自T.R.Anderson,*Biology of the Ubiquitous House Sparrow*(Oxford:Oxford University Press,2006),21—30。

241 16只麻雀：C.Lever,*Naturalized Birds of the World*(New York:John Wiley,1987).

241 到1889年时（距它们被引进美国的时间只有几十年）：E.A.Zimmerman,“House Sparrow History,” *Sialis*,http://www.sialis.org/hosphistory.htm.

242 如今，这些不起眼的家麻雀：Partners in Flight Science Committee 2012.Species Assessment Database,version 2012,http://rmbo.org/pifassessment.

242 几乎都可以听到家麻雀的叫声：T.R.Anderson,*Biology of the Ubiquitous House Sparrow*(Oxford:Oxford University Press,2006),283—284.

242 科学家帕特里夏·戈瓦蒂：P.A.Gowaty,“House sparrows kill eastern bluebirds,” *J Field Ornithol*(Summer 1984):378—380.

242 39个引进麻雀的案例：D.Sol et al,“Behavioural flexibility and invasion success in birds,” *Anim Behav* 63(2002):495—502.

243 生态学家丹尼尔·索尔：D.Sol et al,“The paradox of invasion in birds:Competitive superiority or ecological opportunism?” *Oecologia* 169,no.2(2012):553—564.

243 但在几年前：D.Sol and L.Lefebvre,“Behavioural flexibility predicts invasion success in birds introduced to New Zealand,” *Oikos* 90(2000):599—605.

243 后来，索尔又检视了：D.Sol et al,“Unraveling the life history of successful invaders,” *Science* 337(2012):580.

244 两栖动物和爬行动物：两栖动物和爬行动物：J.J.Amiel et al,“Smartmoves:Effects of relative brain size on establishment success of invasive amphibians and reptiles,” *PLoS ONE* 6(2011):e18277。哺乳动物：D.Sol et al,“Brain size predicts the success of mammal species introduced into novel environments,” *Am Nat* 172(2008):S63—71。

244 鸟类想要……成功繁衍：D.Sol et al,“Exploring or avoiding novel food resources? The novelty conflict in an invasive bird,” *PLoS ONE* 6,no.5(2011):219535.据索尔和同事的说法，一群鸟“很乐意尝试新食物或采用新的觅食策略，表明它们能更快地适应新环境，也更容易繁衍生息”。

244 伊利诺伊州诺默尔：J.E.C.Flux and C.F.Thompson,“House sparrows taking insects from car radiators,” *Notornis* 33,no.3(1986):190—191.

244 也有人看到麻雀：R.K.Brooke,“House sparrows feeding at night in New York,” *Auk* 88(1971):924.

245 一位密苏里州的生态学家：J.L.Tatschl,“Unusual nesting site for house sparrows,” *Auk* 85(1968):514.

245 有人整整一周：B.D.Bell,“House sparrows collecting feathers from live feral pigeons,” *Notornis* 41(1994):144—145.

245 某些城市：M.Suárez-Rodriguez et al,“Incorporation of cigarette butts into nests reduces nest ectoparasite load in urban birds;new ingredients for an old recipe?” *Biol Lett* 9,no.1(2012):201220921.

245 在觅食方面：T.Anderson,*Biology of the Ubiquitous House Sparrow*(Oxford:Oxford University Press,2006),246—282.

245 有人曾经看到几只麻雀：K.Rossetti,“House sparrows taking insects from spiders’ webs,” *British Birds* 76(1983):412.

245 夏威夷毛伊岛：H.Kalmus,“Wall clinging:Energy saving the house sparrow *Passer domesticus*,” *Ibis* 126(1982):72—74.

246 几年前，有两位生物学家：R.Breitwisch and M.Breitwisch,“House sparrows open an automatic door,” *Wilson*

Bulletin 103(1991):4.

246 有人曾经在新西兰：R.E.Brockie and B.O'Brien,"House sparrows(*Passer domesticus*) opening autodoors," *Notornis* 51(2004):52.

246 在他的著作《风鸟》：P.Matthiessen,*The Wind Birds*(New York:Viking Press,1973),20.

247 林恩·马丁曾经：L.B.Martin and L.Fitzgerald,"A taste for novelty in invading house sparrows,*Passer domesticus*," *Behav Ecol* 16,no.4(2005):702—707.

247 两位研究者发现：A.Liker and V.Bokony,"Larger groups are more successful in innovative problem solving in house sparrows," *PNAS* 106,no.19(2009):7893—7898.

248 以阿拉伯鸫鹛……为例：阿曼达·里德利，私人通信，2015年4月7日。

248 有研究显示：P.R.Laughlin et al,"Groups perform better than the best individuals on letters-to-numbers problems:Effects of group size," *J Pers and Soc Psych* 90,no.4(2006):644—651.

248 心理学家斯蒂芬·平克：S.Pinker,"The cognitive niche:Coevolution of intelligence,sociality,and language," *PNAS* 107,suppl.3(2010):8993—8999.

248 群体比独来独往的个体：J.Morand-Ferron and J.L.Quinn,"Larger groups of passerines are more efficient problem-solvers in the wild," *PNAS* 108,no.38(2011):15898—15903;L.Aplin et al,"Social networks predict patch discovery in a wild population of songbirds," *Proc R Soc B* 279(2012):4199—4205.

248 "人们往往以为"：E.Selous,*Bird Life Glimpses*(London:George Allen,1905),79.

248 “这是因为他们”：转引自 M.M.Nice,“Edmund Selous—An Appreciation,” *Bird-Banding* 6(1935):90—96。其结论得自 E.Selous,*Realities of Bird Life*(London:Constable & Co,1927),152;E.Selous,*The Bird Watcher in the Shetlands*(London:J.M.Dent & Co,1905),232。

249 对类催产素分子有什么反应：A.M.Kelly and J.L.Goodson,“Personality is tightly coupled to vasopressin-oxytocin neuron activity in a gregarious finch,” *Front Behav Neurosci* 8,no.55(2014),doi:10.3389/fnbeh.2014.0005.

249 约翰·科克雷姆：J.F.Cockrem,“Corticosterone responses and personality in birds:Individual variation and the ability to cope with environmental changes due to climate change,” *Gen Comp Endocrinol* 190(2013):156—163.

249 林恩·马丁实地研究：A.W.Schrey et al,“Range expansion of house sparrows(*Passer domesticus*) in Kenya:Evidence of genetic admixture and human-mediated dispersal,” *J Heredity* 105(2014):60—69.

249 这些麻雀是在20世纪50年代：林恩·马丁，私人通信，2015年3月6日。

249 到处都可以看到麻雀：J.D.Parker et al,“Are invasive species performing better in their new ranges?” *Ecology* 94(2013):985—994.

249 距离蒙巴萨最远……的麻雀：L.B.Martin et al,“Surveillance for microbes and range expansion in house sparrows,” *Proc R Soc B* 281,no.1774(2014):20132690.

249 马丁等人认为：A.L.Liebl and L.B.Martin,“Exploratory behavior and stressor hyper-responsiveness facilitate range expansion of an introduced songbird,” *Proc R Soc B*(2012),doi:10.1098/rspb.2012.1606.

250 马丁手下的一位研究生：A.L.Liebl and L.B.Martin,“Living on the edge:Range edge birds consume novel foods sooner than established ones,” *Behav Ecol* 25,no.5(2014):1089—1096.

250 相较而言，新群落的麻雀：该结论和马丁早期的研究发现吻合。马丁在此前的实验中比较了两组美洲的麻雀，第一组是来自巴拿马科隆市的新群落，它们被引进该地区的历史只有30年，但已经遍布全国了。第二组是一群“老顽固”，在新泽西州的普林斯顿繁衍了150年。马丁在相似的条件下圈养两组麻雀，然后测试它们对各种新食物的反应，比如猕猴桃切片和切碎的薄荷糖。巴拿马地区的麻雀很高兴地吃了新食物，而新泽西州的麻雀却不愿意吃。参见L.B.Martin and L.Fitzgerald,“A taste for novelty in invading house sparrows,” *Behav Ecol* 16(2005):702—707。

250 有一只大蓝鹭：M.J.Afemian et al,“First evidence of elasmobranch predation by a waterbird:Stingray attack and consumption by the great blue heron,” *Waterbirds* 34,no.1(2011):117—120.

251 有一只褐鹈鹕：D.L.Bostic and R.C.Banks,“A record of stingray predation by the brown pelican,” *Condor* 68,no.5(1966):515—516.

251 有一只啄羊鹦鹉：B.D.Gartell and C.Reid,“Death by chocolate:A fatal problem for an inquisitive wild parrot,” *New Zealand Vet J* 55,no.3(2007):149—151.

251 但诚如马丁所言：林恩·马丁，私人通信，2015年3月5日。

251 它们一旦在一个地方：马丁和他的同事说：“因此，环境稳定地区的个体在选择食物方面的‘可塑性’应该是下降了，在新环境或变化的环境中的生物则更倾向于尝试新食物……灵活选择食物可能会付出代价，这一策略可能不适用于所有个体，尤其是那些在远离分布区域边缘的地点觅食的个体。食物选择策略作用于个体表型，以适应当地环境。” L.B.Martin and L.Fitzgerald,“A taste for novelty in

invading house sparrows," *Behav Ecol* 16(2005):702—707.

252 喜欢成群结伙：值得注意的是，目前没有实证支持这一观点，即群居性是成功的入侵鸟种的一个重要特征，正如丹尼尔·索尔指出的："原因是几乎所有的外来物种都有群居性，这可能是因为它们更容易被捕捉，或者它们在人类聚居地附近活动更频繁。因此这一推测无法得到证实。"丹尼尔·索尔，私人通信，2015年1月。

252（这叫作分散风险策略）：丹尼尔·索尔，私人通信，2015年4月。

252（以多伦多为例）：R.Johns,"Building owners in new lawsuit over bird collision deaths," American Bird Conservancy media release,2012,http://www.abcbirds.org/newsandreports/releases/120413.html.

252 索尔和他的研究小组：丹尼尔·索尔，私人通信，2015年4月；D.Sol et al,"Urbanisation tolerance and the loss of avian diversity," *Ecol Lett* 17,no.8(2014):942—950.

253 加拿大的一些研究人员发现：D.S.Proppe et al,"Flexibility in animal signals facilitates adaptation to rapidly changing environments," *PLoS ONE*(2011),doi:10.1371/journal.pone.0025413.

253 有一群科学家曾经研究英国：S.Shultz,"Brain size and resource specialization predict long-term population trends in British birds," *Proc R Soc B* 272,no.1578(2005):2305—2311.

253 科学家们在中美洲的农田：L.O.Frishkoff,"Loss of avian phylogenetic diversity in neotropical agricultural systems," *Science* 345,no.6202(2014):1343—1346.

254 索尔和他的团队所做的研究：D.Sol et al,"Behavioral drive or behavioral inhibition in evolution:Subspecific diversification in Holarctic passterines," *Evolution*

59,no.12(2005):2669—2677;D.Sol and T.D.Price,“Brain size and the diversification of body size in birds,” *Am Nat* 172,no.2(2008):170—177.

255 **2014年初**：B.G.Freeman and A.M.Class Freeman,“Rapid upslope shifts in New Guinean birds illustrate strong distributional responses of tropical montane species to global warming,” *PNAS* 111(2014):4490—4494.

255 “这真是一个令人惊讶的现象”：本·弗里曼，私人通信，2015年2月5日。

256 我曾经看过一张地图：P.Kareiva et al,“Conservation in the Anthropocene,” *The Breakthrough*(Winter 2012),http://thebreakthrough.org/index.php/journal/past-issues/issue-2/conservation-in-the-anthropocene.

257 根据……的预测：S.Nash,*Virginia Climate Fever*(Charlottesville:University of Virginia Press,2014),24.

257 善于适应环境的大山雀：O.Vedder et al,“Quantitative assessment of the importance of phenotypic plasticity in adaptation to climate change in wild bird populations,” *PLoS Biol*(2013),doi:10.1371/journal.pbio.1001605.

258 这类鸟每一代的寿命较长：然而，正如丹尼尔·索尔指出的那样，“其他研究结论正好相反：每一代存活较长的物种能更好地应对气候变化”。参见B.-E.Saether,“Climate driven dynamics of bird populations:Processes and patterns,” *BOU Proceedings—Climate Change and Birds*(2010)。

258 如果因为气候变暖的缘故：S.Shultz,“Brain size and resource specialization predict longterm population trends in British birds,” *Proc R Soc B* 272,no.1578(2005):2305—2311;D.Sol et al,“Big brains,enhanced cognition and response of birds to novel environments,” *PNAS* 102(2005):5460—5465.

258 自20世纪80年代以来：A.J.Baker,“Rapid population decline in red knots:fitness consequences of decreased refuelling rates and late arrival in Delaware Bay,” *Proc Roy S B* 271(2004):875—882.

258 但气候的变化可能会使它们：H.Galbraith et al,“Predicting vulnerabilities of North American shorebirds to climate change,” *PLoS ONE*(2014),doi:10.1371/journal.pone.0108899.

258 据估计，它们的栖息地：http://climate.audubon.org/birds/mouchi/mountainchickadee.

259 除此以外，全球变暖：C.A.Freas et al,“Elevation-related differences in memory and the hippocampus in mountain chickadees,*Poecile gambeli*,” *Anim Behav* 84(2012):121—127.

259 根据弗拉迪米尔·普拉沃苏多夫：弗拉迪米尔·普拉沃苏多夫，私人通信，2015年1月29日。

259 “这是史上最低的一次”：本·弗里曼，私人通信，2015年2月26日。

259 事实上，全球各地：G.De Coster et al,“Citizen science in action—evidence for long-term,region-wide house sparrow declines in Flanders,Belgium,” *Landscape Urban Plan* 134(2015):139—146;L.M.Shaw et al,“The house sparrow *Passer domesticus* in urban areas—reviewing a possible link between post-decline distribution and human socioeconomic status,” *J Ornithol* 149,no.3(2008):293—299.

259 媒体关注：http://www.rspb.org.uk/discoverandenjoynature/discoverandlearn/birdguide/redliststory.aspx.

259 问题似乎在于雏鸟: W.J.Peach et al,“Reproductive

success of house sparrows along an urban gradient," *Anim Conserv* 11,no.6(2008):493—503;http://www.rspb.org.uk/news/details.aspx?id＝tcm:9-203663;D.Adam,"Leylandii may be to blame for house sparrow decline,say scientists," *Guardian*,2008,http://www.theguardian.com/environment/2008/nov/20/wildlife-endangeredspecies.

259 许多公园被改造为停车场：G.Seress,"Urbanization,nestling growth and reproductive success in a moderately declining house sparrow population," *J Avian Biol* 43(2012):403—414.

259 以色列的若干研究显示：Y.Yom-Tov,"Global warming and body mass decline in Israeli passerine birds," *Proc R Soc B* 268(2001):947—952.

259 林恩·马丁对以上说法：林恩·马丁，私人通信，2015年3月5日。

260 最后一段是这么写的：T.R.Anderson,*The Biology of the Ubiquitous House Sparrow*(Oxford:Oxford University Press,2006),437.

260 科学家目前仍在持续发现：P.C.Rasmussen et al,"Vocal divergence and new species in the Philippine hawk owl *Ninox philippensis* complex," *Forktail* 28(2012):1—20;J.B.C.Harris,"New species of *Muscicapa*flycatcher from Sulawesi,Indonesia," *PLoS ONE* 9,no.11(2014):e112657;P.Alström et al,"Integrative taxonomy of the russetbush warbler *Locustella mandelli* complex reveals a new species from central China," *Avian Res* 6,no.1(2015),doi:10.1186/s40657-015-0016-z.

260 不久前有一项研究显示，乌鸦：A.Smirnova et al,"Crows spontaneously exhibit analogical reasoning," *Curr Biol*(2014),doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2014.11.063.

261 根据理查德·普鲁姆：R.O.Prum,"Coevolutionary

aesthetics in human and biotic artworlds," *Biol Philos* 28,no.5(2013):811—832.

261 诚如鸟类学家理查德·F. 约翰斯顿：语出R.F.约翰斯顿，转引自 T.R.Anderson,*The Biology of the Ubiquitous House Sparrow*(Oxford:Oxford University Press,2006),31。

262 “如果你在没有掠食者的环境中演化”：加文·亨特，私人通信，2015年1月。

262 但正如一位……做研究的科学家：L.O.Frishkoff,“Loss of avian phylogenetic diversity in neotropical agricultural systems,” *Science* 345,no.6202(2014):1343—1346.

262 比对了各种鸟的基因组：M.N.Romanov et al,“Reconstruction of gross avian genome structure,organization and evolution suggests that the chicken lineage most closely resembles the dinosaur avian ancestor,” *BMC Genomics* 15,no.1(2014):1060.

262 阿瑟·克利夫兰·本特：A.C.Bent,*Life Histories ofNorth American Gallinaceous Birds*(Washington,DC:U.S.Government Printing Office,1932),335.

263 奥尔多·利奥波德：A.Leopold,*A Sand County Almanac*(London:Oxford University Press,1966),137.

263 爆炸性增长：E.D.Jarvis et al,“Whole-genome analyses resolve early branches in the tree of life of modern birds,” *Science* 346,no.6215(2014):1321—1331.

264 “身为人类”：A.爱因斯坦写给比利时伊丽莎白女王的一封信，1932年9月19日。

264 “要实际衡量动物的某种特质”：S.D.Healy,“Animal cognition:The trade off to being smart,” *Curr Biol*

22,no.19(2012):R840—841.

264 丹尼尔·索尔手上的一些数据：丹尼尔·索尔，私人通信，2015年1月。

265 野生大山雀所做的一项研究：L.Cauchard et al,“Problem-solving performance is correlated with reproductive success in a wild bird population,” *Anim Behav* 85(2013):19—26.考沙尔和她的同事给正在繁殖的大山雀配偶提出了一项很有挑战性的任务，并把双亲的表现和它们能否成功繁衍相关联。研究团队建造了一种只能通过拉绳子开启活板门的巢箱，双亲中至少有一只鸟完成任务的巢，比双亲都失败的巢繁殖后代的成功率更高。

265 大山雀繁殖行为：E.Cole et al,“Cognitive ability influences reproductive life history variation in the wild,” *Curr Biol* 22(2012):1808—1812.

265 （北美白眉山雀的情况也是如此）：D.Y.Kozlovsky et al,“Elevationrelated differences in parental risk-taking behavior are associated with cognitive variation in mountain chickadees,” *Ethology* 121,no.4(2015):383—394;弗拉迪米尔·普拉沃苏多夫，私人通信，2015年1月25日。

265 “那些善于解决问题的大山雀”：内尔吉·布格特，私人通信，2015年4月。

266 在巴巴多斯岛所做的研究：西蒙·迪卡泰，采访，2012年2月；S.Ducatez,“Problem-solving and learning in Carib grackles:Individuals show a consistent speed-accuracy tradeoff,” *Anim Cogn* 18,no.2(2015):485—496.

266 “胆子较大的鸟儿”：丹尼尔·索尔，私人通信，2015年1月。

索引

Abzhanov,Arkhat 阿克哈特·阿布扎诺夫 47—48

adaptation 适应，参见 evolution

attraction to novelty 被新奇事物所吸引 247，250—251

beak shape 喙的形状 69，81，264

brain size and.exible behavior 大脑体积和灵活的行为 243—244

to climate change 气候变化 240，255—259

cognitive buffer hypothesis 认知缓冲假说 244

to environmental stressors 环境压力 249

evolution of new species 演化出新物种 254—255，260，263

group learning 群体学习 247—248

inability to adapt 无法适应 14，253—254

invasion paradox 入侵悖论 243

poor adaptation versus stupidity 是无法适应还是愚蠢 261—262

for survival of species 物种生存 239

to urban environments 城市环境 239—242，244—246，249，252—253

aesthetics 审美

bird recognition of human aesthetic concepts 鸟类对人类审美观念的认识 190

color preferences 色彩偏好 172，178—179，183—184，192

de.nitions of art 艺术的定义 183

forced perspective 强行透视 179—180

intrinsic value of beauty 美的内在价值 188—189

sexual selection for beauty 对美的性选择 188—189

universal principles of beauty 审美通用原则 192—193

African grey parrots 非洲灰鹦鹉

categorization of objects 物品分类 2， 201

collaboration and reciprocity 合作与互惠 104

discernment of subtle distinctions 辨别细微差异 201

imitation of human speech and sounds 模仿人类的话语和声音 2，146—147

numeracy 识数 2，57

play 游戏行为 91

tool use 使用工具 68，69

understanding of abstract concepts 理解抽象概念 2

altricial birds 晚成鸟

brain growth during long juvenile period 较长幼年期的大脑发育 48，49—52

play 游戏行为 90—91

social monogamy 社会性单配制 119

American crows 短嘴鸦

innovation rating relative to brain size 相对脑子大小的创新能

力评估 35

innovative behaviors 创新性行为 5，68

olfactory bulb size 嗅球大小 229

recognition of human faces 辨认人脸 107，113—114

tool use 使用工具 68

use of found objects as weapons 用找到的物品当武器 68，69

Anderson,Ted 特德·安德森 240，242，260

Angell Tony 托尼·安杰尔 105，134—135

Animal Tool Behavior(Shumaker)《动物使用工具行为纲要》（舒梅克著）67

Anthropocene epoch 人类世 240—241，参见 human in.uence on bird behavior

Aplin,Lucy 露西·阿普林 110—111，112—113

Arabian babblers 阿拉伯鸫鹛 118，248

Aristotle 亚里士多德 22，149

artistry 艺术才能，参见 aesthetics

Asian paradise.ycatchers 寿带 76

Auersperg,Alice 阿莉塞·奥尔施佩格 71，93—94，105—106

auklets,crested 凤头海雀 230—231

Australian magpies 黑背钟鹊 148

babblers 鹛类 115—118，248

Balda,Russell 罗素·贝尔达 69

Barbados Bull.nches 巴巴多斯牛雀

evolutionary history 演化史 26—27

feeding behaviors 觅食行为 25—29

problem-solving and learning 解决问题与学习 30，31

reversal learning 反转学习 31，266

beak shape 喙的形状 69，81，264

behavioral drive theory 行为驱力理论 254—255

Bengalese.nches 白腰文鸟 160

Bent,Arthur Cleveland 阿瑟·克利夫兰·本特 262—263

Bieker,Dan 丹·比克 148

Biology of the Ubiquitous House Sparrow(Anderson)《无所不在的家麻雀》（安德森著） 240

birdsong 鸟类鸣唱，参见 vocal learning

black-capped chickadees 黑顶山雀

brain size and structures 脑子大小和结构 42，53—54

communication skills 沟通技巧 40

complexity of song 鸣唱的复杂性 142

heart rate 心率 44

intelligence and inquisitive nature 智力与好奇的天性 39—41

local song traditions 当地传统曲调 163

memory 记忆 41

vocal.exibility and adaptation to urban environment 歌唱的灵活性和对城市环境的适应力 253

black-faced grassquits 黑脸草雀 26—29，31

blackpoll warblers 白颊林莺 199

Blaser,Nicole 妮科尔·布莱泽 215—216，234

bluebird,eastern 东蓝鸲 181，257

blue jays 冠蓝鸦 68，107，132

blue tits 青山雀 11，230

Bokony,Veronika 韦罗妮卡·博科尼 247—248

Bolhuis,Johan 约翰·包休斯 139，159

Bond,Alan 艾伦·邦德 92

Boogert,Neeltje 内尔吉·布格特 31—32， 113，166—167，265—266

Borgia,Gerald,on bowerbirds 杰拉尔德·博尔贾论园丁鸟

aesthetic sense 美感 193

color perception 色彩感知 192

color preferences 色彩偏好 180—181

construction and arrangement of bower 园丁鸟的建筑与排列方式 177—178，184

juvenile learning and development 幼年期的学习与成长 185—186

mental map of bower locations 亭子位置的心智地图 181

sexual selection for cognitive capability 认知能力的性选择 177，187—188

Botero,Carlos 卡洛斯·博特罗 167

bowerbirds 园丁鸟

artistry 艺术才能 183，193

bower construction process 亭子建造过程 171—172，177—178，184

correlation of ingenuity with mating success 交配机会与聪明才智的关联 182—183

courtship dance and song 求偶舞蹈与鸣唱 176—177，179，184—185

female assessment of bower and courtship display 雌鸟对雄鸟造亭和求偶展示的评估 175，176，185，186—187

female sexual selection 雌鸟的性选择 187—189

hallmarks of intelligence 智力特征 175

intrinsic value of beauty for 美的内在价值 188—189

juvenile acquisition of skills and behaviors 幼年期的技巧与行为习得 185—186

male consideration of female’s perspective and preferences 雄鸟对雌鸟视角与喜好的考量 177—180，184

mental maps of bower locations 亭子位置的心智地图 181，186

species-speci.c color and design preferences 特定颜色与设计偏好 178—182

use of objects to lure mates 使用物品引诱伴侣 175

use of optical illusion 运用视错觉 179—180

vandalism of rival bowers 破坏竞争对手的亭子 181—182

visual sensory processing 视觉感知处理 192

brain structure and function 大脑结构与功能

brain characteristics and cognitive abilities 大脑特征与认知能力 2—5，9—11

brain development during juvenile period 幼年期大脑发育 49—

52，79—80，165—166

brain size correlated with innovative behavior and intelligence 脑子大小与创新性行为及智力的关系 34—36

of brood parasites 巢寄生 48—49，217—218

cognitive integration 认知整合 235—237

cortexlike structure in birds 鸟类的类皮层组织 55，57—59

cultural bias against avian brain 针对鸟类大脑的文化偏见 1，3，55—56

dinosaur ancestry of birds 鸟类的祖先恐龙 47—48

dopamine and opiate production 多巴胺和阿片样物质分泌 154，168

evolutionary influences on bird intelligence 演化对鸟类智力的影响 59—60

evolutionary paedomorphosis 幼体发育演化 47—48

global warming and 与全球变暖 259

higher vocal center(HVC)高级发声中枢 152，156

hippocampus 海马体 53—54，216—219，233—234

modular versus general cognitive mechanisms 模组与一般认知机制之争 24—25

names of brain structures 大脑构造命名 56，58

neurogenesis 神经生成 53—54，156

neuron density,location,and connections 神经元的密度、位置和连接 4，36，54—55，235—236

olfactory bulb 嗅球 229—231，234

oxytocin-like neurohormone production 类催产素神经激素的分

泌 122—124，249

parallels between avian and human brains 鸟脑和人脑的相似性 11—13，58—59，122—124，157—159

“proper mass” principle of scale “固有质量”原则 229

ratio of brain size to body size 脑袋大小和体形大小的比例 36，42，48

sleep requirement 睡眠条件 50—52

stress hormone production 应激激素的分泌 249

Brazil,Mark 马克·布拉齐尔 93

brood parasites 巢寄生 48—49，217—218

Brusatte,Stephen 斯蒂芬·布鲁萨特 45

budgerigars 虎皮鹦鹉 120—121

Bugnyar,Thomas 托马斯·布格尼亚尔 106，131—132

bull.nches 牛雀

evolutionary history 演化史 26—27

feeding behaviors 觅食行为 25—29，41

imitation of human speech 模仿人类的话语 145

problem-solving and learning 解决问题与学习 30，31

reversal learning 反转学习 31，266

Burley,Nancy 南希·伯利 121，126

Carib grackles 辉拟八哥

feeding behaviors 觅食行为 21—22，27，29

problem-solving 解决问题 30，266

Carter,Sue 休·卡特 122

catbirds 灰嘲鸫 145，233

causal reasoning 因果推理 87—90

Cheke,Lucy 露西·奇克 213

Cheney,Dorothy 多萝西·切尼 110

Chernetsov,Nikita 尼基塔·切尔涅佐夫 225—226

chickadees 山雀，参见 black-capped chickadees，mountain chickadees

abandonment of nest 弃巢 265

brain size 脑子大小 42，53

calls 鸣叫 40

intelligence 智力 40—41

personality variations 个性差异 111

tool use 使用工具 68

chickens 鸡 102，163—164

Clark's nutcrackers 北美星鸦 210—211

Clayton,Nicola 妮古拉·克莱顿 90—91，128—129，130，212—213

climate change 气候变化

impact on breeding schedules 对繁殖时间的影响 256—258

predicted rise in global temperature 预期全球气温上升 256

shift in ranges of bird populations 鸟种分布区域迁移 240，255—256

susceptibility of long-distance migrants to 长途迁徙易受影响 258

theoretical impact on cognition and brain structure 对认知能力和大脑结构可能造成影响 259

cluster.ocking 集群现象 29—30

cockatoos 凤头鹦鹉

delayed grati.cation 延迟满足 105

imitation of human speech 模仿人类的话语 146，147

open-ended learning 不受限制的学习期 153

play and preferred toys 游戏行为和玩具喜好 94

toolmaking and tool use 制造工具和使用工具 68—69，71

Cockrem,John 约翰·科克雷姆 249

cognition and intelligence 认知与智力，参见 brain structure and function

anthropomorphism in study of 研究中的拟人化 22—23

approaches to study of 研究方法 14，25，36—37

causal reasoning 因果推理 87—90

de.nitions and forms of 定义与形式 8，10—11，23—25，138

erse ab

innovation as measure of 作为衡量标准的创新 26—29，31—34

reversal learning 反转学习 30—31，266

social intelligence hypothesis 社交智能假说 102—103，118—119

teaching 教导 114—118

technical intelligence hypothesis 科技智能假说 64，95—96

theory of mind 心智理论 9—10，109—110，129

traits valued by humans 人类重视的特征 260—262

variety of behaviors demonstrating 展现出行为多样性 2—5，9—11，19—20

cognitive buffer hypothesis 认知缓冲假说 244

cognitive integration 认知整合 235—237

Cole,Ella 埃拉·科尔 265

convergent evolution 趋同演化 12，50—52，57，159

corvids 鸦科

brain neuron numbers and locations 大脑神经元的数量和位置 54—55

evolution of new species 演化出新物种 254—255，263

invasion success 入侵鸟种成功繁衍 243—244

Cory’s shearwaters 猛鹱 231—232

cowbirds 牛鹂 218

crested auklets 凤头海雀 230—231

crows 鸦，参见 American crows,New Caledonian crows

adult tutoring of juveniles in toolmaking 成鸟教导幼鸟制作工具 78

analogical reasoning 模拟推理 260—261

calls 鸣叫 141

delayed grati.cation 延迟满足 105—106

extended developmental period 较长的发育期 91

genetic predisposition to tool use 使用工具的遗传预先倾向性 78

grieving-type behaviors 哀悼类行为 134—135

innovation rating relative to brain size 相对脑子大小的创新能力评估 34—35

play 游戏行为 91，93—95

preference for symmetrical patterns 偏好对称的图案 192

reciprocity in gift-giving 互惠性的礼物赠送行为 104—105

recognition of human faces 辨认人脸 107，113—114

sense of fairness 正义感 105

use of found objects as weapons 用找到的物品当武器 68，69

working memory 工作记忆 58—59

Darwin,Charles 查尔斯·达尔文

on birds' appreciation of beauty 论鸟类的审美 188—189

on birdsong as language 论鸟类鸣唱的语言性 12，156，157

on birds' pleasure in singing 论鸟类鸣唱的愉悦感 168

on pigeon navigation by landmarks 论鸽子依靠地标导航的能力 205

praise for mockingbirds 赞美嘲鸫 140

on regional dialects in birdsong 论鸣唱的区域方言 149

on sexual selection 论性选择 60，189

on similarity between animal and human cognition 论动物和人类认知的相似性 23，109—110

Descent of Man,The(Darwin)《人类的由来》（达尔文） 23

de Waal,Frans 弗朗斯·德瓦尔 23

Diamond,Judy 朱迪·戴蒙德 92

dinosaur ancestry of birds 鸟类的祖先恐龙 44—48

Dixon,Charles 查尔斯·狄克逊 173

domestic pigeons 家鸽 199—203

Ducatez,Simon 西蒙·迪卡泰 266

Dunbar,Robin 罗宾·邓巴 118—119

Dunn Pete 皮特·邓恩 241

DVR(dorsal ventricular ridge)背侧室

57

ear structures 耳朵结构 151，209

eastern bluebird 东蓝鸲 181，257

Edinger,Ludwig 路德维希·埃丁格 55

Einstein,Albert 阿尔伯特·爱因斯坦 264

Emery,Nathan 内森·埃默里 90—91，120，130

Endler,John 约翰·恩德勒 12，179，180，183

Erickson,Laura 劳拉·埃里克森 133

Eurasian jays 松鸦

food sharing and state attribution 分享食物和状态归因能力 108—109，122

forethought and planning 先见和规划能力 213

theory of mind 心智理论 109

Eurasian reed warblers 芦莺 225—226

Eurasian skylarks 云雀 125，126—127

European robins 欧亚鸲 207，209，225，253

evolution 演化

adaptations for.ight 为适应飞行的演化 43—44

adaptation to change 适应变化 14，239—240

behavioral drive theory 行为驱力理论 254—255

bet-hedging breeding strategy 分散风险策略 252

convergent bird and human evolution 鸟类和人类趋同演化 12，50—52，57，159

co-optation of brain structures for new functions 大脑结构针对新能力所做的调整 159

cumulative technological change 累积性技术变迁 73—74

dinosaur ancestry of birds 鸟类的祖先恐龙 44—48，262

forces shaping bird intelligence 决定鸟类智商的因素 59—60

in island populations 在岛屿群体中 76

motor theory of brain pathway evolution 大脑通路演化的运动神经理论 158—159

of new species 新物种 254—255，260，263

paedomorphosis 幼体发育 47—48

potential impact of climate change 气候变化的潜在影响 257—259

sexual selection 性选择 60，161—168，177，187—189

size and scaling of brain structures 大脑组织大小和比例变化 229—230，234

social intelligence hypothesis 社交智能假说 102—103，118—119

success of birds 鸟类的演化成功 8

sustained miniaturization 持续小型化 42—43，46

technical intelligence hypothesis 科技智能假说 64，95—96

trade-offs between intelligence and.tness 在智力和适应力之间的取舍 264—266

extinction due to human-induced causes 人为因素导致的物种灭绝 14，240，260，263

extra-pair copulation 配偶外交配行为 124—127，165

fairywrens,superb 华丽细尾鹩莺 113

fantail,white-throated 白喉扇尾鹟 173

Feldman,Ruth 鲁思·费尔德曼 123

Ficken,Millicent 米利森特·菲肯 91

nches 雀，参见 bull.nches，woodpecker.nches，zebra.nches

beak shape optimization for environment 喙形针对环境所做的优化 69，264

brain responses to social behaviors 大脑对社会行为的反应 123—124

correlation of tool use with predictability of habitat 对栖息地的预测能力与使用工具的关联 70

predation pressure,variety of song and 掠食者压力和多样化鸣唱的关系 160

Fisher,Ronald 罗纳德·费舍尔尔 188

ssion-fusion societies 裂变融合社会 106

ocking behaviors 集群行为，参见 social behaviors

ycatchers 鹟

evolution in island environment 岛屿环境中的演化 76

new species of 新物种 260

social learning 社会学习 111

solitary and territorial nature 独居和领地意识 101—102

Forbush,Edward Howe 爱德华·豪·福布什 39—40，148，183

Frankenstein,Julia 朱莉娅·弗兰肯斯坦 196

Fraser,Orlaith 欧拉·弗拉泽 131—132

Frech,Bill 比尔·弗雷什 7

Freeman,Alexandra 亚历山德拉·弗里曼 255

Freeman,Ben 本·弗里曼 255，259

Gagliardo,Anna 安娜·加利亚尔多 231—232

Gardner,Howard 霍华德·加德纳 24—25

geese,greylag 灰雁 130，134

genomes of birds 鸟类基因组 44

Gentner,Tim 蒂姆·金特纳 144

Gifts of the Crow(Marzluff and Angell)《乌鸦的礼物》（马兹洛夫和安杰尔著）105，134—135

Gilliard,Thomas 托马斯·吉拉德 175

global warming 全球变暖，参见 climate change

Gof.n’s cockatoos 戈氏凤头鹦鹉

delayed grati.cation 延迟满足 105

toolmaking and tool use 制造工具和使用工具 71

toys and play 玩具与游戏行为 94

golden-collared manakins 金领娇鹟 191

golden-winged warblers 金翅虫森莺 226，227

Goodall,Jane 珍·古道尔 32—33，65

Goodson,James 詹姆斯·古德森 121—123

Gorham,Bill 比尔·戈勒姆 6—7

Gowaty,Patricia 帕特里夏·戈瓦蒂 242

grackles,Carib 辉拟八哥

feeding behaviors 觅食行为 21—22，27，29

problem-solving 解决问题 30，266

grassquits,black-faced 黑脸草雀 26—29，31

Gray,Russell 罗素·格雷

on brain structure of New Caledonian crow 论新喀鸦的大脑结构 82

on causal reasoning 论因果推理 87

on crow toolmaking process 论乌鸦的工具制造过程 78—79，84—85

on human toolmaking 论人类的工具制造 64—65

on local styles of crow tool design 论乌鸦制作工具的本地特色 73，78—79

gray kingbirds 灰王霸鹟 32—33

great blue herons 大蓝鹭

adventurous eating 勇于尝试新食物 250

brain growth during long juvenile period 漫长幼年期的大脑发育 49—50，52

dinosaur ancestry 恐龙祖先 45

great bowerbirds 大亭鸟 179—180，参见 bowerbirds

great tits 大山雀

adaptation to climate change 适应气候变化 257

innovative behavior and social learning 创新性行为和社会学习 11

problem-solving,reproductive success and 解决问题和成功繁衍 265—266

regional dialects 方言 162—163

social network structure 社交网络结构 102

green-backed herons 美洲绿鹭 33，68

greylag geese 灰雁 130，134

Guigueno,Melanie 梅拉妮·吉格诺 218

Güntürkün,Onur 奥努尔·京蒂尔金 59

Hagel,Vincent 文森特·哈格尔 134

Hagstrum,Jon 乔恩·哈格斯特鲁姆 226，227—228

Healy,Sue 休·希利 174，214—215，264

Heinrich,Bernd 贝恩德·海因里希 106

Herculano-Houzel,Suzana 苏珊娜·埃尔库拉诺—乌泽尔 54—55

herons 鹭科

brain growth during long juvenile period 较长幼年期的大脑发育 49—50，52

dinosaur ancestry 恐龙祖先 45

foraging strategies and adventurous eating 觅食策略和勇于尝试新食物 33，68，250

innovation rating relative to brain size 相对脑子大小的创新能力评估 34

Holland,Richard 理查德·霍兰 225，228，233

Holzhaider,Jenny 珍妮·霍尔茨海德 78

homing pigeons 家鸽

hippocampus size 海马体大小 218—219

introduction into America 引入美国的家鸽 202

mental mapping 心智地图 215—216

orientation strategies and styles 认路策略和风格 234—235

pigeon racing 赛鸽 197—199，228

honeyguides 响蜜□ 48，217—218

hooded crows 冠小嘴乌鸦 260—261

house sparrows 家麻雀

adaptability to new environments 对新环境的适应力 240—242，249，252

aggression 物种入侵 242

attraction to novelty 被新事物吸引 247，250

foraging strategies 觅食策略 244，245—246，250，251

individual personalities 个体性格 248—250，251

innovation 创新 244

multiple broods in single breeding season 一个繁殖季节孵好几窝蛋 252

nesting sites and materials 巢址和材料 239—240，242，244—245

population decline 种群衰退 259

social behaviors 社会行为 247—248，251

stress response 应激反应 249

human in.uence on bird behavior 人类对鸟类行为的影响

alteration of bird habitats 鸟类栖息地变化 240，248，251，256，258—259

in Anthropocene epoch 人类世 240

bird extinctions 鸟类灭绝 14，240，260，263

climate change and 与气候变化 240，255—259

experimenter-disturbance factor in research.ndings 研究过程中实验人员干预的因素 265—266

hummingbirds 蜂鸟 213—215，217

Humphrey,Nicholas 尼古拉斯·汉弗莱 103

Hunt,Gavin 加文·亨特 73—74，82，96，262

Huth,John 约翰·胡思 220—221

Huxley,Thomas 托马斯·赫胥黎 44—45

Iglesias,Teresa 特雷莎·伊格莱西亚斯 132—133，135

infrasonic signals 次声波信号 226—228

innovation 创新，参见 problem-solving and innovation

intelligence 智力，参见 cognition and intelligence

invasion 物种入侵，参见 adaptation

Jacobs,Lucia 露西娅·雅各布斯 229，231，232—234

Jarvis,Erich 埃里希·贾维斯

on attraction of opposite sex to vocalizations 论异性对发声的吸引力 161，163

Avian Brain Nomenclature Consortium 鸟类大脑命名委员会 57—58

on brain activity in directed versus undirected song 论斑胸草雀对特定对象和非特定对象唱歌时的大脑活动 155

on parallels between avian and human brains 论鸟类和人类大脑的相似性 58，158—159

on rarity of vocal learning 论发声学习的稀有性 160—161

on vocal learning versus instinctive vocalization 论发声学习与本能发声的区别 142

Java sparrows 禾雀 190

jays 鸦，参见 blue jays，Eurasian jays，western scrub jays

Jehol(China)fossil beds 中国热河古生物化石群 45—46

Jelbert,Sarah 萨拉·杰尔博特 86

Johnston,Richard F. 理查德·F.约翰斯顿 261

Kacelnik,Alex 亚历克斯·凯瑟尼克 3，81

kagus 鹭鹤 19，261—262

Kandel,Eric 埃里克·坎德尔 36

Karten,Harvey 哈维·卡滕 55，56—57

Kayello,Lima 利马·卡耶罗 28，30

Keagy,Jason 贾森·基吉 182—183，184，186—188

keas 啄羊鹦鹉 91—93，94，251

Keeton,William 威廉·基顿 207

kingbirds,gray 灰王霸鹟 32—33

Kingsbury,Marcy 马西·金斯伯里 122，123—124

Klatt,James 詹姆斯·克拉特 123

Kroodsma,Donald 唐纳德·克鲁兹马 163，168

Kummer,Hans 汉斯·库默尔 32—33

Laskey,Amelia 阿梅莉亚·拉斯基 149—150

learning 学习，参见 vocal learning

early learning hypothesis 早期学习假说 78—80

from experience 从经验 30，174—175

feeding behaviors and ability to learn 觅食行为和学习能力 28—29

in groups 在群体中 247—248

observation and copying of others 观察模仿其他个体 11，111—114，147，248

through play 通过游戏行为 94

practice 练习 6—7，141，144，148，154，186

reversal learning 反转学习 30—31，266

sleep and 与睡眠 155

trial and error 试错 70，79，156

tutelage and mentorship 教导和示范 49，78—79，114—118，151，153，186

in urban environment 在城市环境中 253

Lefebvre,Louis 路易斯·勒菲弗

on anthropomorphism in animal studies 论动物研究领域的拟人论 22—23

approaches to study of cognition 认知研究方法 37

on brood parasite brain and hippocampus size 论巢寄生鸟类大脑和海马体大小 48—49，217—218

on cognition at neuronal level 论神经层面的认知 36

correlation of brain size and innovation with invasion success 脑子大小与入侵鸟种创新性行为的关联 243

on evolution of new species 论新物种的演化 263

on general cognition 论整体的认知能力 24

on reversal learning 论反转学习 30—31

study and measurement of bird cognition 鸟类认知的研究和测量 20—22，25—29，32—35

tally of inventive bird behaviors 鸟类创新性行为统计 244

Leopold,Aldo 奥尔多·利奥波德 263

Levi,Wendell Mitchell 温德尔·米切尔·列维 203—204

Liebl,Andrea 安德烈亚·利布尔 250

Liker,András 安德拉什·利克尔 247—248

Loissel,Elsa 埃尔莎·卢瓦泽尔 85

London,Sarah 萨拉·伦敦 153

long-tailed hermits 长尾隐蜂鸟 217

long-tailed tits 银喉长尾山雀 173—174

Lorenz,Konrad 康拉德·劳伦兹 130，134

magnetic-.eld orientation 磁场定位 207—209，225—226

magpies 喜鹊 4，104，148

manakins 金领娇鹟 191—192

man-made change 人为变化，参见 human in.uence on bird behavior

Manx shearwaters 大西洋鹱 224

map-and-compass navigational strategy “地图—罗盘”的导航策略 205—206

mapping 地图，参见 navigation and mental mapping

marsh warblers 湿地苇莺 145

Martin,Lynn 林恩·马丁 247，249，251，259

Marzluff John 约翰·马兹洛夫 105，106—107，113—114，134—135

mathematical skills 数学才能 2，4—5，200—201

Matthiessen,Peter 彼得·马修森 43，246

Megginson,Leon 利昂·麦金森 239

memory 记忆

episodic 情景 4，129，212

in food-caching 贮藏食物 4，41，211—212，213

role of hippocampus in 海马体的作用 53，217，219

social intelligence and 与社交智能 24

working 工作 18，58—59

mental mapping 心智地图，参见 navigation and mental mapping

Michelet,Jules 儒勒·米什莱 173

migratory birds 候鸟，参见 navigation and mental mapping

brain size 脑子大小 52—53

susceptibility to global warming 全球变暖对候鸟迁徙的影响 258

Zugunruhe period of restlessness 迁移性焦躁 207，224，233

Miyagawa,Shigeru 宫川茂 157

mockingbirds 嘲鸫

acquisition of repertoire 曲调学习 149—150，153

attraction of predators 吸引掠食者 159—160

brain processes in production and imitation of song 在鸣唱和模仿时的大脑活动 143—144

delity of song imitation 歌曲模仿的忠实性 144—145，148

motivation for imitation of other birds 模仿其他鸟类的动机 148—149

as pets 作为宠物 137—138

sexual selection for song 鸣唱的性选择作用 161，165，167

syrinx structure and muscles 鸣管结构和肌肉 142—144

in unpredictable environments 在变动的环境中 167

variety and complexity of song 鸣唱的多样性和复杂性 139—141，147—148，167

Montaigne,Michel de 蒙田 101

Mooney,Richard 理查德·穆尼 151，155，164

mountain chickadees 北美白眉山雀

abandonment of nest 弃巢 265

hippocampus size 海马体大小 53—54，217

neurogenesis 神经发生 53—54

problem-solving,reproductive success and 解决问题和成功繁衍 265

risk posed by climate change 气候变化带来的风险 258—259

Mouritsen,Henrik 亨里克·莫里特森 207，209，225—226，227

Nadel,Lynn 林恩·纳德尔 217

navigation and mental mapping 导航和心智地图

cognitive functions involved 涉及的认知功能 196，235—237

geomagnetic cues 地磁线索 207—209，225—226

as hippocampal function 作为海马体功能 216—219

human navigational strategies 人类的导航策略 196，206，219，221

infrasound cues 次声波线索 226—228

innate clock-and-compass system 内建的“时钟与罗盘”系统 224，225

through learning and experience 通过学习和经验 196，223—

map-and-compass strategy “地图—罗盘”策略 205—206

navigation of multiple locations 多地点导航 215—216

olfactory cues 嗅觉线索 228—234

reorientation after displacement 位移后重新定位 195—196

size of mental map 心智地图的大小 196，222，223

small-scale navigation 小规模导航 181，186，210—215

solar cues 太阳线索 206，224

visual landmarks 视觉地标 206，210，221

nest building 筑巢

artistry in 艺术才能 183

cognitive functions involved 涉及的认知功能 174

complexity of constructions 建筑的复杂性 172—173

improvement with experience 积累经验，不断改进 174—175

New Caledonian crows 新喀鸦

brain size and structures 脑子的大小和结构 42，82

causal reasoning 因果推理 87—90

cumulative technological change in tool complexity 世代改良的工具制造技术 73—74

dexterity 灵巧 71—72，81—82

evolutionary history 演化历史 76—77

extended juvenile period with parental care 受父母亲照顾的青少年时期延长 79—80，82

food choices 食物选择 66

freedom from competitors and predators 竞争对手和掠食者稀少 77—78

genetic predisposition to tool use 使用工具的遗传预先倾向性 78，82

genetic variations among populations and related species 不同族群和亲缘物种的遗传差异 96—97

island environment 海岛环境 74—76，77，97—98

juvenile apprenticeship and experimentation in toolmaking 幼年学习期和工具制作技巧探索 78—80

local styles and traditions of tool design 工具样式的本地特色和传承 3，73，78—79

nutcracking technique 敲开坚果的技巧 66—67

versus other crow species 和其他乌鸦竞争 74，82，96

physical adaptations for tool use 身体对使用工具的适应 81—82

play 游戏行为 90，94—95

problem-solving 解决问题 3，17—18，83—84，85—86

research aviary for study of 鸟舍中展开的研究 84—85

reuse of tools 重复利用工具 64，74

tool complexity and sophistication 工具的复杂性 3，18，63—65，72—74，96

understanding of physical principles 了解物理法则 86—87

working memory 工作记忆 18，58—59

Nieder,Andreas 安德烈亚斯·尼德 59

northern mockingbirds 小嘲鸫 139—141

Nottebohm,Fernando 费尔南多·诺特博姆 156

Nowicki,Steve 史蒂夫·诺维茨基 165—166

nutcrackers,Clark’s 北美星鸦 210—211

Okanoya,Kazuo 冈之谷一夫 160

O’Keefe,John 约翰·奥基夫 216—217

olfaction 嗅觉 228—234

Ostoj,Ljerka 列尔卡·奥斯托伊奇 108—109

Overington,Sarah 萨拉·奥弗林顿 29

paedomorphosis 幼体发育 47—48

pair-bonding 配偶关系 119—124

Papi,Floriano 弗洛里亚诺·帕皮 228

parrots 鹦鹉，参见 African grey parrots

brain structures and functions 大脑的结构和功能 54—55，58，159

evolution of new species 新物种演化 254—255

extended developmental period 发育期延长 91

imitation of speech and sounds 模仿话语和声音 120—121，146—147

play 游戏行为 91—94

toolmaking and tool use 制造工具和使用工具 68，69，71，95

vocal learning 发声学习 138—139，141，159

Patricelli,Gail 盖尔·帕特里切利 184—185，187

Payne,Robert 罗伯特·佩恩 163

Pepperberg,Irene 艾琳·佩珀伯格 2，58，146

pied babblers 斑鸫鹛 115—118

Pigeon,The(Levi)《鸽子》（列维著）203—204

pigeons 鸽子

ancestry and breeding 祖先和育种 202—203

cognitive integration function 认知整合功能 236

discernment of subtle distinctions 区分细微差别 57，189—190，201—202

hippocampus size 海马体大小 218—219

human exploitation of 人类利用 203—205

infrasonic navigation 次声波信号导航 227

landmark recognition 地标识别 206，210

mathematical skills 数学才能 200—201

mental mapping 心智地图 215—216

olfactory navigation 嗅觉导航 228—

229，232—233

orientation strategies and styles 定位策略和风格 206，234—235

pigeon racing 赛鸽 197—199，228

Pinker,Steven 斯蒂芬·平克 248

pinyon jays 蓝头鸦 107

plain-tailed wrens 淡尾苇鹪鹩 120

play 游戏行为 90—94

Pravosudov,Vladimir 弗拉迪米尔·普拉沃苏多夫 53—54，259

precocial birds 早成鸟 48

problem-solving and innovation 解决问题与创新，参见 tool use

through attention and self-correction 视觉回馈和自我修正 30

brain size and 脑子大小 34—36

cognitive mechanisms involved 认知机制 83

in groups 拉帮结伙 247—248

invasion success and 与入侵鸟种的成功繁衍 243—244

as measure of intelligence 作为测量智力的标准 26—29， 31—34

among migratory birds 在候鸟中 52

at neuronal level 在神经元层面 36

reproductive success and 与成功繁衍 265—266

technical intelligence hypothesis 科技智能假说 64

Prum,Richard 理查德·普鲁姆 183，188—189，261

Quinn,Chip 奇普·奎因 150

Raihani,Nichola 妮可拉·赖哈尼 116

Rattenborg,Niels 尼尔斯·拉腾伯格 51—52

ravens 渡鸦

consolation of.ock members in distress 安抚鸦群内的受害者 131—132

gathering around own dead 聚集在死去的同伴四周 134—135

innovation rating relative to brain size 相对脑子大小的创新能

力评估 34
long-term social memory 长期社交记忆 106
play 游戏行为 93
sense of fairness 正义感 105
use of found objects as weapons 用找到的物品当武器 68
reciprocity 互惠性 104—105
red knots 红腹滨鹬 6，258
Reiner,Anton 安东·赖纳 57
relationships 关系，参见 social behaviors
reversal learning 反转学习 30—31
Ridley,Amanda 阿曼达·里德利 115—118
Riters,Lauren 劳伦·赖特斯 141，168
robins 歌鸲
geomagnetic navigation 地磁导航 209，225
shift in range 分布区迁移 256
in urban environment 在城市环境中 253
Roden,Tom 汤姆·罗登 197—198
Rodrigues,Aída 艾达·罗德里格斯 179
rooks 秃鼻鸦 102，130—131
ruby-throated hummingbirds 红喉北蜂鸟 214
ruddy turnstones 翻石鹬 246
rufous hummingbirds 棕煌蜂鸟 214—215

Rutz,Christian 克里斯琴·鲁茨 71—72，74，76—77，80

satin bowerbirds 缎蓝园丁鸟

acquisition of skills and behaviors 技巧和行为习得 185—186

artistry 艺术性 184

bower construction process 园丁鸟造园过程 171—172，180

color preferences 色彩偏好 172， 180—182

correlation of ingenuity with mating success 聪明程度和交配成功的关联 182—183

courtship dance and song 求偶舞蹈和歌曲 176—177，184—185

female assessment of bower and courtship display 雌鸟评估雄鸟的亭子和求偶表演 175，176，185，186—187

female sexual selection 雌鸟的性选择 187—189

male consideration of female's preferences and perspective 雄鸟考虑雌鸟的偏好和视角 177—178，180，184

mental maps of bower locations 位置的心智地图 181，186

vandalism of rival bowers 其他雄鸟的蓄意破坏 181—182

Schjelderup-Ebbe,Thorleif 索尔雷夫·谢尔德鲁普—埃贝 102

scrub jays 丛鸦，参见 western scrub jays

Selous,Edmund 埃德蒙·塞卢斯 29，248

Seyfarth,Robert 罗伯特·赛法特 110

Shanahan,Murray 默里·沙纳汉 235—

236

shearwaters 鹱 224，229，231—232

Shumaker,Robert 罗伯特·舒梅克 67

Sielmann,Heinz 海因茨·西尔曼 183—

184

skylarks,Eurasian 云雀 125，126—127

sleep 睡眠 50—52，155

small-scale navigation 小规模导航 210—215

social behaviors 社会行为

bene.ts of social networks 社交网络的优点 110，247—248

cluster.ocking 集群 29—30

collaborative nest building 合作筑巢 174

cooperative breeding 合作繁殖 115

delayed grati.cation 延迟满足 105—106

empathy and grief 同理心和悲痛 130—135

extra-pair copulation 配偶外交配行为 124—127

ssion-fusion societies 裂变融合社会 106

food pilfering and cache protection 偷吃食物和保护贮藏处 127—130，213

gift-giving 赠送礼物 104—105，108—109

group problem-solving 群体解决问题 247—248

learning by tutelage 通过教导学习 78—79，114—118，151，153，186

learning through observation 通过观察学习 11，111—114，248

long-term recollection of relationships 长期记得彼此之间的关系 106—107

neurochemicals associated with group-size preferences and pair-bonding 神经化学物质与种群大小偏好及配偶的关联 121—124

pair-bonding 配偶 119—124

personality variations 个性差异 110—111

reciprocity 互惠性 104—105

relationship intelligence 关系智商 120

self-awareness 自我意识 4，104

sense of fairness 正义感 105

sentinel system and exploitation of alarm calls 哨兵制度和对警告声的利用 116

social intelligence hypothesis 社交智能假说 102—103，118—119

state attribution in food sharing 食物共享的状态归因 108—109，122

theory of mind 心智理论 9—10，109—110，129

transitive inference in hierarchical relationships 在地位关系方面的传递性推理 107

types of social organizations 社会组织类型 101—102

Sol,Daniel 丹尼尔·索尔

on birds in urban environments 论城市环境中的鸟类 252—253

correlation of invasions success with brain size and intelligence 入侵鸟种成功繁殖与脑子大小和智力的关联 243—244

on innate behaviors of migratory birds 论候鸟的本能行为 52—53

on rapid evolution of smart,adaptive birds 论聪明、适应力强的鸟类的快速演化 254

on trade-off between intelligence and survival 论智力和生存间的取舍 264—265，266

song 鸣唱，参见 vocal learning

song sparrows 歌带鹀 161，166—167

sparrows 麻雀，参见 house sparrows

navigational ability 导航能力 195—196，223

recognition of human aesthetic concepts 理解人类的审美观念 190

regional dialects 方言 7，163

song acquisition 曲调学习 6—7

song complexity 曲调复杂性 161，166—167

spatial orientation 空间定位，参见 navigation and mental mapping

Stamps,Judy 茱迪·斯坦普斯 125

state attribution 状态归因 108—109

St Clair,James J.H. 詹姆斯·J.H.圣克莱尔 74

stress response 应激反应 249

superb fairywrens 华丽细尾鹩莺 113

sustained miniaturization 持续小型化现象 46

syrinx 鸣管 142—143

Taylor,Alex 亚历克斯·泰勒

on cognitive mechanisms in crow problem-solving 论乌鸦解决

问题的认知机制 83—84

on crow feeding behavior 论乌鸦的觅食行为 66

on crow play behavior 论乌鸦的游戏行为 90，94—95

genomic research on crow populations 乌鸦种群的基因组研究 96—97

on human toolmaking 论人类制造工具 64—65

research on crow cognition 研究乌鸦的认知 17—18，85—90

on sophistication of crow toolmaking 论乌鸦制作工具的复杂性 72，96

Tebbich,Sabine 萨拜因·特比希 70，71

technical intelligence hypothesis 科技智能假说 64，96

technical skills 技巧，参见 tool use

Templeton,Chris 克里斯·坦普尔顿 40，41

temporal sense 时间感

discernment of differences in speed of dance 区分舞蹈速度 191—192

innate clock-and-compass navigation system 内建的“时钟与罗盘”导航系统 224

in navigation by solar cues 依靠太阳指引方向 206

in recovery of perishable cashed food 挖出易腐烂的食物 211—213

saving of tools for future use 留下工具以供日后使用 64

theory of mind 心智理论 9—10，109—110，129

Tinbergen,Niko 尼古拉斯·廷伯根 163，173—174

tits 山雀，参见 blue tit，great tits，long-tailed tits

altricial young 晚成幼鸟 49

collaborative nest building 合作筑巢 174

olfaction 嗅觉 230

social learning 社会学习 11，110—113

Tolman,Edward 爱德华·托尔曼 209—210

tool use 使用工具，参见 New Caledonian crows,woodpecker.nches

acquisition and mastery of tool skills 学习和掌握使用工具的技巧 70—71

correlation with play behaviors 和游戏行为的关联 93—94

by humans and other primates 人类和其他灵长类动物 64—65

nutcracking techniques 撬开坚果的技巧 57

technical intelligence hypothesis 科技智能假说 96

in unpredictable environments 在变动的环境中 70

use of found objects 使用找到的物品 67—69

turkeys,wild 火鸡 262—263

turnstones,ruddy 翻石鹬 246

urban environments 城市环境

adaptation of house sparrows to 家麻雀适应 239—242，244—246

bet-hedging breeding survival strategy分散风险策略 252

disruption of bird habitats 鸟类栖息地破坏 240，248，251，256

inability to adapt to 无法适应 253—254

as learning opportunity 作为学习机会 253

synanthropic traits and behaviors 与人类共居的特征和行为 241—242，252—253

village weaverbirds 斑背黑头织雀 174—175

Visscher,J.Paul J.保罗·菲舍尔 149

visual perception 视觉

attention to visual feedback for self-correction 注意视觉上的回馈，以便自我修正 30

binocular vision 双眼视觉 82

bird recognition of human aesthetic concepts 鸟类对人类审美观念的识别 190

color preferences 色彩偏好 172，178—179，183—184，192

discernment of subtle distinctions 区分细微差异 57，189—192，201—202

forced perspective 强行透视 179—180

landmark recognition in food caching and foraging 贮藏食物和觅食期间的地标识别 211，215

landmark recognition in navigation 导航中的地标识别 206，210，221

recognition of human faces 对人脸的识别 106—107，113—114

recognition of re.ected image 对镜像的识别 4，104

sensory processing 处理感知信息 192

sexual selection for beauty 对美的性选择 188—189

universal principles of beauty 美的通用原则 192—193

vocal learning 发声学习

adult modeling and tutoring 成鸟示范和教学 139，151，153，156

attraction of predators 吸引掠食者 160—161

auditory function 听觉功能 151

brain processes involved 涉及的大脑活动 143—144，151—152，155—156

calls versus songs 鸣叫与鸣唱的区别 141—142

cognitive capacity hypothesis 认知能力假说 166

as cognitive task 作为用到认知能力的任务 138—139，141

correlation between song complexity and cognitive skill 歌声复杂性和认知技巧的关联 166—167

dialects and local traditions 方言和地方传统 7，162—163

as enduring cultural tradition 悠久的文化传统 261

imitation of human sounds and speech 模仿人类的声音和话语 2，146—147

mating-mind hypothesis 交配意向假说 168

mimicry 发声模仿 2，144—149

motor theory of brain pathway evolution 大脑通路演化的运动神经理论 158—159

parallels between birdsong and human speech 鸟类歌唱和人类话语的相似性 4，139，157—159

practice and improvement 练习与改进 6—7，154—155，156

precision and consistency of song 歌唱的精确性和持续性 144—

145，148，164—165

sexual selection for song complexity 对复杂歌曲的性选择 161—168

sexy syllables 性感音节 162，165

singing for pleasure 为愉悦感而歌唱 141，154，168

sleep and 与睡眠 155

subsong vocalizations 亚鸣曲发声 154

syrinx organ and syringeal muscles 鸣管和鸣管肌肉 142—144

undirected versus directed song 对特定对象和非特定对象唱歌 155—156

windows of learning opportunity 学习机会的窗口 153—154，157

Vogelkop bowerbirds 褐色园丁鸟 178—179

von Frisch,Karl 卡尔·冯·弗里希 193

Walcott,Charles 查尔斯·沃尔科特 206，234—235

Wallraff,Hans 汉斯·瓦尔拉夫 228，232

warblers 莺类

geomagnetic cues in navigation 地磁导航 225—226

migration distance 迁徙距离 199

mimicry of songs 歌声模仿 145

population decline 种群衰退 253

precision in courtship songs 求偶歌声的准确性 165

sensitivity to impending storms 预知暴风雨即将来袭 226，227

Watanabe,Shigeru 渡边茂 189—190

weaverbirds 织布雀 172，174—175

West,Rhiannon 莱恩农·韦斯特 124，126

western scrub jays 西丛鸦

episodic-like memory 情景记忆 4，129，212

food pilfering and cache-protection tactics 偷吃食物和保护贮藏处的策略 127—130，213

forethought and planning 未雨绸缪和规划能力 211—213

response to dead member of own species 对同类死亡的反应 132—134

spatial memory and mental mapping 空间记忆和心智地图 210，213

theory of mind 心智理论 129

Wheaton,J.M.J.M.惠顿 262—263

White,David 戴维·怀特 213—214，239—240

white-crowned sparrows 白冠带鹀 6—7，163，195—196，223

white-throated fantail 白喉扇尾鹟 173

white-winged robins 白翅薮鸲 256

wild turkeys 火鸡 262—263

Wind Birds,The(Matthiessen)《风鸟》（马

修森著）246

winter wrens 冬鹪鹩 143

woodpecker.nches 拟□树雀

island habitat 岛屿栖息地 76，95

toolmaking and tool use 工具制造和使用 69—71，76

wrens 鹪鹩科 113，120，143

yellow-breasted bowerbirds 黄胸大亭鸟 184

zebra.nches 斑胸草雀

adult tutoring in song learning 成鸟教导下的鸣声学习 150—151，153

brain activity during nest building 筑巢期间的大脑活动 174

brain development during song learning 歌唱学习期间的大脑发育 151—152，155

correlation of song complexity with cognitive skill 歌曲复杂性和认知技巧的关联 166—167

improvement of nest-building with experience 筑巢质量随经验积累而提高 174

neurohormones influencing social behaviors 神经激素影响社会行为 122，123—124

olfaction 嗅觉 231

precision of song 歌曲的准确性 164—165，166

predisposition to learning song of own species 天生具备学习同类歌曲的能力 152—153

role of sleep in song learning 睡眠在歌曲学习中的作用 155

social learning concerning mate choice 社会学习和交配对象选择的关系 113

visual cues in song learning 歌曲学习过程中的视觉线索 156

window of learning opportunity 学习机会的窗口 153

注释

第一章 从渡渡鸟到乌鸦

[1]大卫·爱登堡（1926—），英国纪录片主持人、制片人、博物学家，自然纪录片制作的先驱人物。制作和解说过《动物园探奇》《飞禽传》《地球脉动》《蓝色星球》等多部经典纪录片，著有《一位年轻博物学家的探险》《前往世界彼端的旅程》等。

[2]埃德蒙·塞卢斯（1857—1934），英国鸟类学家、作家，著有《观鸟》《设得兰群岛的观鸟者》等。

[3]珍·古道尔（1934—），英国灵长类动物学家、动物行为学家、人类学家，长期致力于黑猩猩的野外研究和保护工作，著有《在人类的阴影下》《贡贝黑猩猩的行为模式》《大地的窗口》等。

第二章 鸟有鸟法

[4]爱德·豪·福布什（1858—1928），美国鸟类学家、作家，马萨诸塞州奥杜邦学会的创立者之一，代表作有《新英格兰的鸟类》等。

[5]彼得·潘修森（1927—2014），美国作家、博物学家，著有《云雾森林》《雪豹》等多部自然文学作品。

第三章 天生怪才

[6]美国漫画家加·森在1980年至1995年发表的独幅漫画系列。

第四章 叽叽喳喳

[7]意指成员和规模并不固定，时而分散、时而聚拢的群体。——译注

[8]罗宾·邓巴（1947—），英国人类学家、演化心理学家、哺乳动物行为学家，著有《人类的演化》《科学的烦恼》《梳毛、八卦及语言的进化》等。

[9]康拉德·劳伦兹（1903—1989），奥地利动物学家、鸟类学家，现代动物行为学的创始人之一，1973年获诺贝尔生理学或医学奖。著有《所罗门王的指环》《雁语者》等。

第五章 燕语莺啼

[10]B.F.斯金纳（1904—1990），美国心理学家、新行为主义的代表人物，著有《瓦尔登湖第二》《超越自由与尊严》等。

[11]尼古拉斯·廷伯根（1907—1988），荷兰裔英国生物学家、鸟类学家，现代动物行为学的奠基人之一，1973年与康拉德·劳伦兹、卡·冯·弗里希共获诺贝尔生理学或医学奖。著有《动物的社会行为》《银鸥的世界》等。

第六章 艺术大师

[12]儒勒·米什莱（1798—1874），法国历史学家，著有《法国史》等史学著作及大量散文作品。

[13]查尔斯·狄克逊（1858—1926），英国鸟类学家，对鸟类的迁徙有较深入的研究，著有《乡村鸟类生活》《鸟巢》等。

[14]罗纳·舍尔（1890—1962），英国统计学家、遗传学家。他用统计学方法将孟德尔遗传定律和达尔文自然选择学说结合起来，著有《自然选择的遗传理论》等。

[15]卡·冯·弗里希（1886—1982），奥地利动物学家、行为生态学创始人，著有《舞蹈的蜜蜂》《动物的建筑艺术》等。

第七章 心中的地图

[16]玛丽·沃斯·萨万特（1946—），美国公众人物，是《吉尼斯世界纪录大全》所认定的智商最高的人。

[17]威廉·詹姆斯（1842—1910），美国哲学家、心理学家，美国机能主义心理学和实用主义哲学的先驱，著有《心理学原理》《实用主义》等。

[18]爱德华·托尔曼（1886—1959），美国心理学家，目的行为主义的创始人，1937年曾任美国心理学会主席。

第八章 如麻雀般活跃

[19]本章中所说的麻雀特指家麻雀。

[20]其词根“dom”表示“家、驯养、控制”的意思。——译注

[21]此处的鲍斯韦尔是指英国的传记作家詹姆·斯韦尔，他为英国大文豪萨缪·翰逊写了一本著名的传记。——译注

[22]理查·F.约翰斯顿（1925—2014），美国鸟类学家、学者、作家，著有《野鸽》《堪萨斯州鸟类名录》等。

[23]阿瑟·克利夫兰·本特（1866—1954），美国鸟类学家，长期为美国鸟类学家联合会刊物《海雀》撰写文章，著有21卷本的《北美鸟类生活史》。